

SD3012基于霍尔原理的高性价比磁编码器芯片

1.基本描述

SD3012 是用于整圈 360° 精确角度测量的角度编码器，通过内置霍尔传感器和信号处理芯片，检测旋转磁场并对霍尔元件得到的感应电压信号进行信号处理，得到不同的数字信号和各种数字接口。

绝对角度测量表示当前磁铁的角度位置，数字量可以通过 SSI 或者 I2C 接口可以直接读出寄存器中实时的角度值，也可以通过分辨率可编程的脉冲宽度调制（PWM）输出。也支持电机应用端 ABZ 或者 UVW 信号的输出。模拟量可以通过 DAC 口输出随角度变化的电压信号。

2. 主要特征

- 1) 14 位绝对值角度测量和 12 位的增量式编码输出，最高支持转速 6000RPM
- 2) 角度绝对值支持 i2c/SPI 数字形式输出
- 3) 增量式 ABZ 输出，输出波形数量可任意数编程 0~1024
- 4) SSI 直接输出角度，并支持多芯片菊链串联模式
- 5) 模拟电压或者 PWM 输出的起始和终点位置以及电压输出可编程
- 6) 3.3V 或者 5V 电源电压输入
- 7) SOP8 封装

3.引脚配置

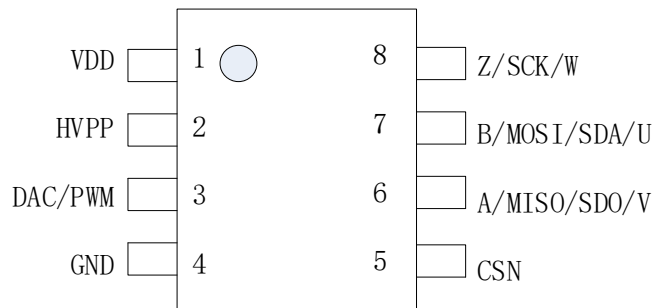


图 1 SOP8 封装的引脚配置

Pin	Function	Input/Output	Notes
1	VDD	Analog input	5V or 3.3V
2	HVPP	Digital input	Used for Pin 6,7,8: Set to logic low in ABZ output mode Set to logic high in I2C or SSI mode
3	DAC/PWM	Analog/Digital	DAC Analog output or PWM
4	GND	GND	GND
5	CSN	Digital Input	Csn for SPI (tie high when I2C used)
6	MISO/A	Digital output	Incremental Signal A

			or V of UVW or MISO of SPI or SDO of SSI
7	MOSI/SDA/B	Digital output/Input	Incremental Signal B or U of UVW or MOSI of SPI or SDA of I2C
8	SCK/Z	Digital Input	Incremental Signal Z or W of UVW or SSI /SPI/I2C Clock

表 1 Pin 脚列表

其中 pin6,7,8 可以配置成 ABZ 或者 UVW 的输出模式，也可以配置成 I2C/SPI 通讯接口或者 SSI 的绝对角度位置输出，配置方式如表 2。

Pin num	Register config	pin function				
2		GND		VDD		
	05<1:0>	00	10			
5				High: I2C	High->Low :SPI or SSI	
	08<1>				0:SPI	1:SSI
6		A	V		MISO	SDO
7		B	U	SDA	MOSI	
8		Z	W	SCK	CLK	CLK

表 2 Pin6,7,8 的功能配置方式

4.功能框图

图 2 展示了芯片的简化框图，包括霍尔传感器电桥，输入增益级，模数转换器（ADC），数字信号处理（DSP）单元。还包括其他支持块，如 LDO 等。通过模数转换和数字信号处理算法，提供了准确的高分辨率绝对角度位置信息。

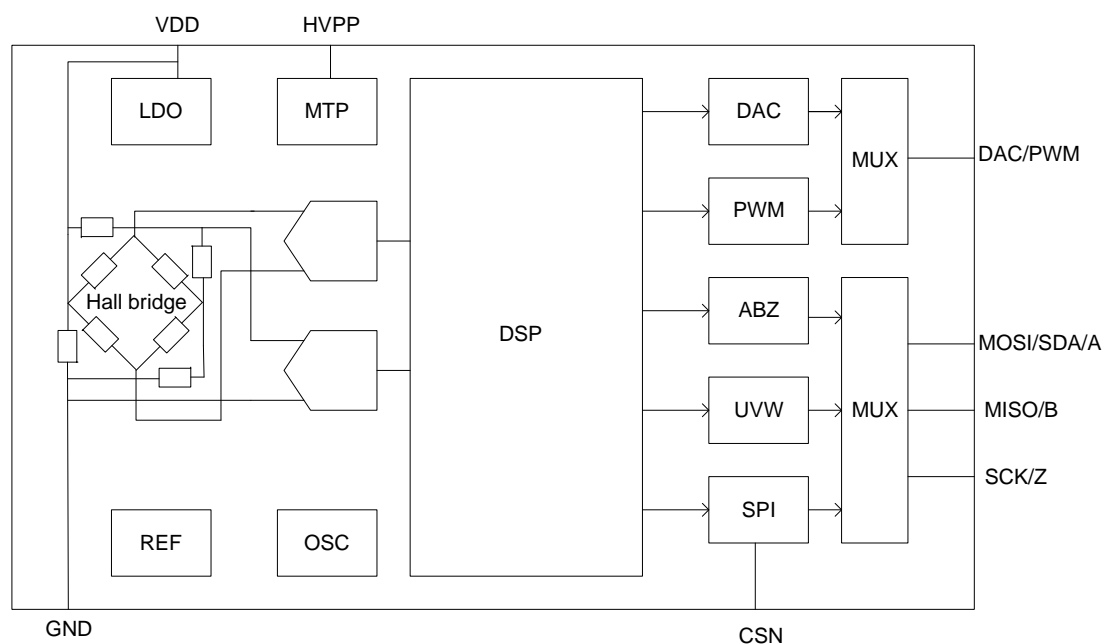


图 2: 简化系统框图

5. 正交 A/B 输出模式和步进索引 SDI 输出信号

当 HVPP 接低到地时候，芯片工作在 ABZ（模式寄存器 0x05[1:0]=00）或者 SDI（寄存器 0x05[1:0]=01）输出模式，如图 3 所示，A、B 信道间的相移表明了磁铁的旋转方向。当磁铁顺时针旋转时，输出 A 领先输出 B 四分之一周期；当磁铁逆时针旋转，输出 B 领先 A 四分之一周期。Z 信号 Index 信号表示磁铁零点的位置，可编程配置占 1 LSB 或者多个 LSB 的脉冲宽度，该位置可通过编程来与机械零点对齐。

其中旋转的正反方向可以由寄存器 0x1e<7> 位定义，默认状态下为顺时针模式，设为高时为逆时针模式。

输出信号 LSB 反映了可编程增量分辨率的最低有效位，输出信号 Dir 提供了磁铁旋转方向的信息。每次 LSB 变化，更新 Dir。

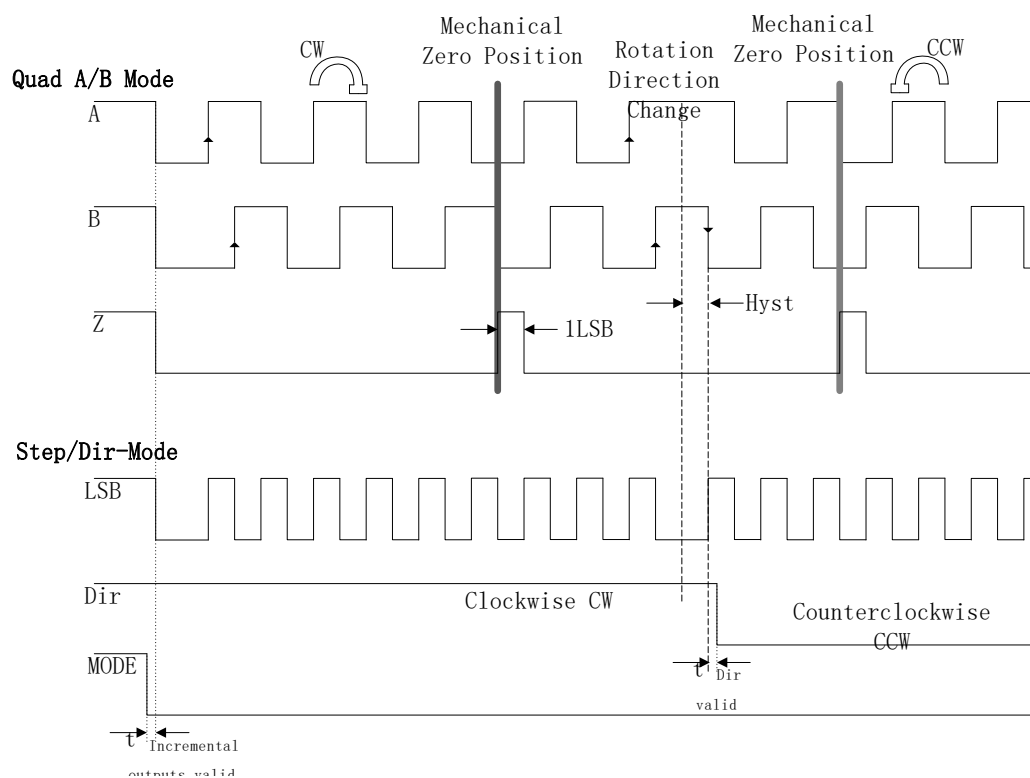


图3 增量输出模式

输出的精度可以通过寄存器 0x31 和 0x32 配置成不同精度,分辨率范围是 0~4096,可进行任意线的编程,默认状态下分辨率 12 位,即 1024 线。如下表:

0x31	resolution[11:0]	0: resolution 2^{12}
		1: resolution 1x4
		2: resolution 2x4
		3: resolution 3x4
		...
		$2^{10}-1$: resolution $(2^{10}-1)x4$
0x32<2:0>		2^{10} : resolution $2^{10}x4$

表3 分辨率的寄存器设置

当方向超反方向转动时,有一个迟滞延时 hyst 如图 3,迟滞的存在可以改善静止状态下 ABZ 输出的抖动,寄存器 0x0A[5:3]的配置来取消或者改变这个迟滞的大小。如下表 4:

0x0A[5:3]	000	1.4°
	001	0.7°
	010	0.35°
	011	0.175°
	110	0.5LSB
	111	0

表 4 迟滞的寄存器设置

ABZ 输出模式的零点设置方法，零点设置寄存器有寄存器 0x26,0x27 个寄存器设置，支持 12 位的零点编程，zero= {0x27<3:0>,0x26}，如下表 5 所示，OTP 的具体编程方法见第 9 节 OTP 设置。

0x26	zero_LSB	[7:0]: zero_data[7:0]
0x27	zero_MSB	others
		[3:0]: zero_data[11:8]

表 5 ABZ 和 UVW 输出的零点寄存器设置

Z 信号标志了零点的位置，信号的宽度可以由寄存器 0x04<1:0>编程，默认状态是 1LSB

0x04[1:0]	00	1 LSB
	01	2 LSB
	10	4 LSB

表 6 Z 信号脉冲宽度

6.UVW 输出:

当 HVPP 接低到地时候,并且模式寄存器 0x05[1:0]=10h 时候,Pin5,6, 7 被配置成 UVW 输出模式 (表 2), U,V,W 各有 120° 的相位差, 时序如图 4, 其中旋转方向可以由寄存器 0x1e<7> 位控制, 默认状态下为顺时针模式, 设为高时为逆时针模式。

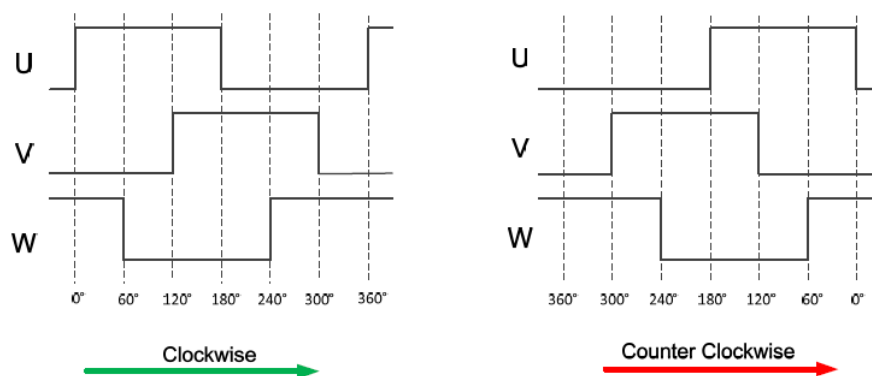


图 4 UVW 的输出相位

输出的 UVW 波形数有寄存器 0x05<7:4>配置:

0x05<7:4>	poles
0000	1
0001	2
0010	3
0011	4
0100	5
0101	6
0110	7
0111	8
1100	10
1101	12
1110	14
1111	16

表 7 UVW 对极数的寄存器

7. PWM 输出:

默认设置时 pin3 配置成 PWM 输出, PWM 表达了 12 位精度的角度数据, 输出的角度位置可以通过 PWM 占空比计算出:

$$\text{position} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} * 4096$$

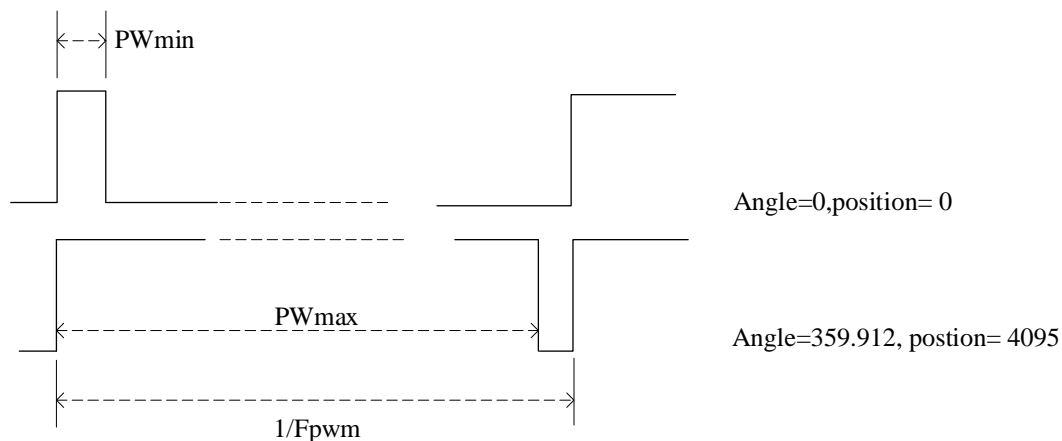


图 5: PWM 输出信号

其中的参数如下表:

Parameter	Symbol	default	Units	OTP setting methods
PWM frequency	F_{pwm}	1.14	Khz	0x1F[3]: 0 - 1.15Khz 0x1F[3]: 1 - 2.3Khz
Min pulse width	PW_{min}	0.22	us	can be configured to 1us by OTP
Max pulse width	Pw_{max}	$\frac{1}{F_{pwm}} - 0.22$	us	Can be configured to $(\frac{1}{F_{pwm}} - 1)$ us by OTP

表 8 PWM 的各项参数

8.I²C 或者 SPI 接口

SD3012 为主机提供了 I²C 和 SPI 或者 SSI 接口输出, 可以通过这些接口进行寄存器和 OTP 读写和编程, 也可以直接读出寄存器的绝对角度值。需要把 HVVP 接高到 VDD 时候芯片工作在 I2C 或者 SPI/SSI 模式。

主机通过的内部寄存器直接读取角度信息, 寄存器如下表。通过 SPI/i2c 读取 0x01, 0x02, 中的数值得到角度值, 可以读取最大精度达 14 位的角度数据, 其中 $angle[13:0] = \{0x01, 0x02 < 7:2 >\}$ 。

0x02[1]: 等于 1 标志磁场跳动较大, 用于磁场变化监测

0x02[0]: 奇偶校验位, 检测 15 位数据 $\{0x01, 0x02 < 7:1 >\}$ 的奇偶校验

0x01	ang_Data_MSB	[7:0]: ang_Data[13:6]
0x02	ang_Data_LSB	[7:2]: ang_Data[5:0]
		[1]: 1: 磁场异常: 磁场过小或者发生跳动 0: 磁场正常
		[0]: Parity check1 0: {0x01[7:0],0x02[7:1]} have even number high bits 1: {0x01[7:0],0x02[7:1]} have odd numver high bits

表 9 角度值读出寄存器

8.1 I2C 协议和规范

芯片可以试用标准的 I2C 协议直接读出角度值，此时主机连接 SD3012 芯片的参考电路原理图如图 6:

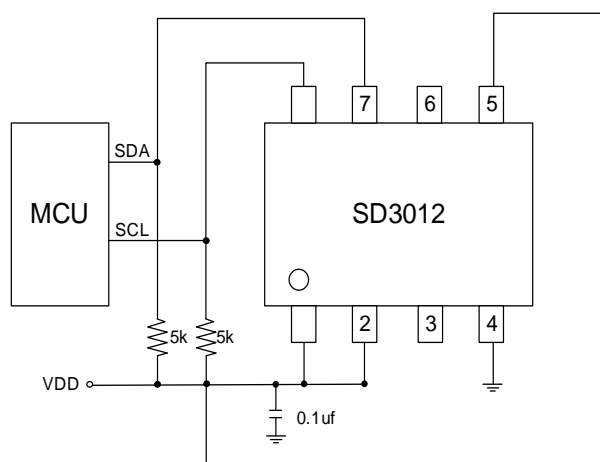
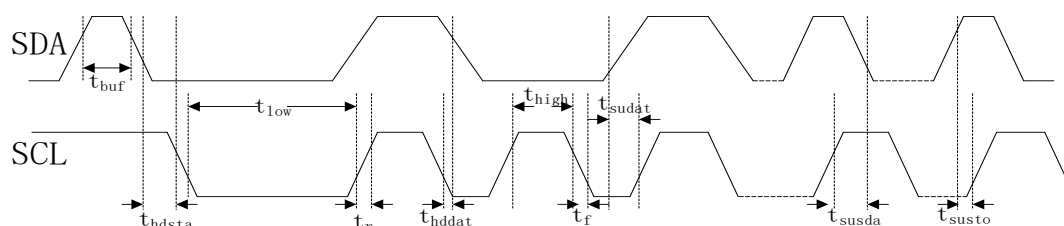


图 6: I2C 接口参考电路图

本节详细解释了 I²C 的读、写协议。

图 7: I²C 时序

缩写

SACK	从机应答
MACK	主机应答
NACK	主机无应答
RW	读/写

时序规范						
t_{iov}	增量输出有效时间	-	-	-	10	us
t_{dv}	方向信号有效时间	-	-	-	10	us
I ² C IO 特性						
V_{IH}	高电平输入电压	-	VDD-1	-	-	V
V_{IL}	低电平输入电压	-	-	-	0.8	V
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{OH}=4.1mA$	VDD-1	-	-	V
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 3.3mA$	-	-	0.4	V
I_{LK}	输入漏电流	-	-	-	± 1	μA
I ² C 时序规范						
F_{scl}	SCL 时钟频率	-	-	100	400	kHz
t_{low}	SCL 低电平周期	-	1	-	-	μS
t_{high}	SCL 高电平周期	-	1	-	-	μS
t_{sudat}	SDA 建立时间	-	0.1	-	-	μS
t_{hddat}	SDA 保持时间	-	0	-	0.9	μS
t_{hdsta}	开始保持时间	-	0.6	-	-	μS
t_{susta}	开始建立时间	-	0.6	-	-	μS
t_{susto}	停止建立时间	-	0.6	-	-	μS
t_{buf}	新的传输时间	-	1.3	-	-	μS

表 10 i2c 时序规范

START: 当 SCL 线是高电平时, SDA 线从高电平向低电平切换, 数据开始传输。总线在起始条件后被认为处于忙的状态。

STOP: 当 SCL 是高电平时, SDA 线由低电平向高电平切换, 这是停止条件, 数据传输停止。在停止条件的某段时间后, 总线被认为再次处于空闲状态。

ACK: 数据传输必须带响应。在主机产生的响应时钟脉冲期间, 发送器释放 SDA 线, 而接收器必须将 SDA 线拉低, 使其在时钟脉冲高电平期间保持稳定的低电平。

NACK: 如果在响应时钟周期的高电平期间, 接收器没有将 SDA 线下拉至低电平, 则发送器认为 NACK。

I²C 写

I²C 写序列从主机产生的起始条件开始, 起始条件后是 7 位的从机地址 0x06 和 1 位的写入位 (R/W=0)。从机发送应答位 (ACK=0), 并释放总线。主机发送一个字节的寄存器地址位。从机再次发出应答, 并等待写入指定寄存器地址的 8 位数据。在从机对数据字节做应答后, 主机产生停止信号并终止写协议。

S T A R T	从机地址							R W	S A C K	寄存器地址(0x09)								S A C K	数据(0x01)								S A C K	S T O P
	0	0	0	0	1	1	0			0	0	0	0	0	1	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0		

图 8 i2c 读写位

I²C 读

I²C 读序列是由一个字节的 I²C 写入阶段和 I²C 读出阶段组成, 在读写两个阶段之间必须产生起始条件。在 I²C 写入阶段对从机进行寻址, 并发送要读取的寄存器地址。从机应答后, 主机再次产生一个起始条件, 并发送从机地址和读取位 (R/W=1)。然后主机释放总线, 并等待从从机读取出的数据字节。在每个数据字节后, 为了能进一步的传输数据, 主机必须产生一个应答位 (ACK=0)。主机发出 NACK, 将停止数据从从机读出。从机释放总线, 然后主机产生停止条件, 并且终止传输。

寄存器的地址自动递增, 可以按顺序读出多个连续寄存器的值。一旦开始新的数据读取传输, 当前 I²C 写命令将指定的寄存器地址设置为起始地址。

S T A R T	从机地址							R W	S A C K	寄存器地址 (eg:0x00)								S A C K
	0	0	0	0	1	1	0			0	0	0	0	0	0	0	0	

8.2.1 SPI 3 wire mode

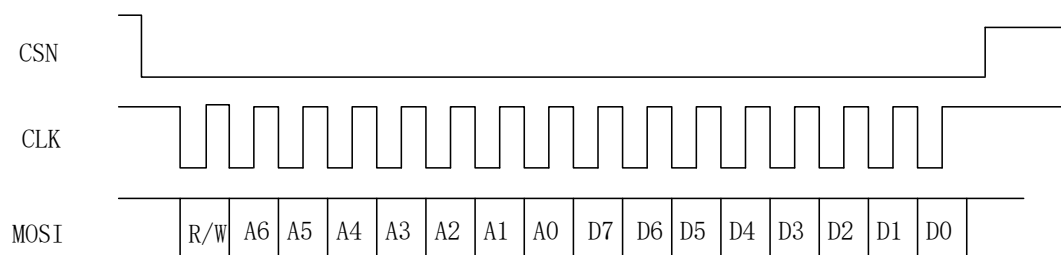


图 12 3 线 SPI 读写位

CSN 是串口输出使能信号，由master控制，空闲状态为高，当由高跳入低电平时，表示传输启动，由低转回高时，表示传输结束

CLK 也是外部master输入，空闲状态为高

MOSI 串行输入数据口，由CLK的时钟下降沿发出数据

bit 0 RW控制位，为0表示数据D7~D0写入到芯片中，为1表示D7~D0是从芯片中读出的数据值。

bit1-7 A6~A0是被操作的寄存器地址位。

bit 8-15 数据位D7~D0为写入芯片或者从芯片读出的数据

8.2.2 SPI 4 line mode

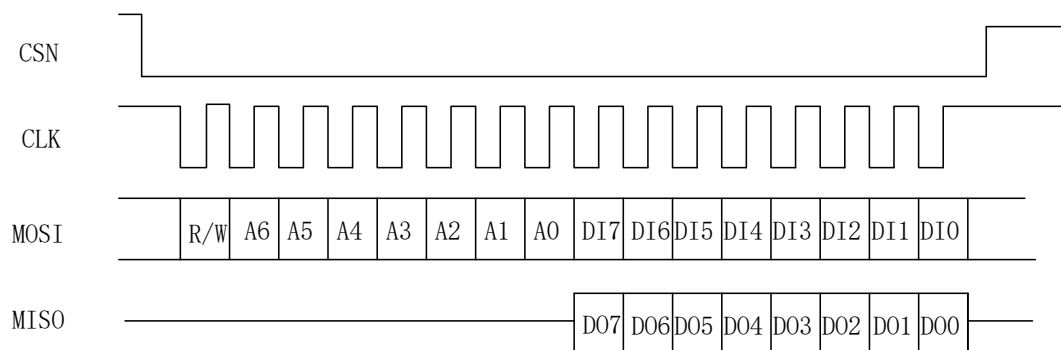


图 13 4 线 SPI 读写位

CSN 是串口输出使能信号，由master控制，空闲状态为高，当由高跳入低电平时，表示传输启动，由低转回高时，表示传输结束

CLK 也是外部master输入，空闲状态为高

MOSI 串行输入数据口，由CLK的时钟下降沿发出数据

bit 0 RW控制位，为0表示写操作，为1表示读数据值。

bit1-7 A6~A0是被操作的寄存器地址位。

bit 8-15 数据位DI7~DI0为写模式下，写入芯片的数据，数据位DO7~DO0为读模式下从芯片读出的数据。

8.2.3 SPI 角度值的读写方式

为了提高读取效率并进行读写保护，角度值在 01,02 寄存器中必须一次性的读出，只需要在开始读取时刻发出一次读取 01 寄存器的指令即可，下图中 Read reg01 即为图 12 和 13 中的 MOSI 的 bit1~7=0x81，在 02 寄存器读完后拉高 CSN 结束这一次的读取。

图 14 和图 15 是以 4 线和 3 线 SPI 为例的角度值读出时序图。图中 Read reg01=0x81

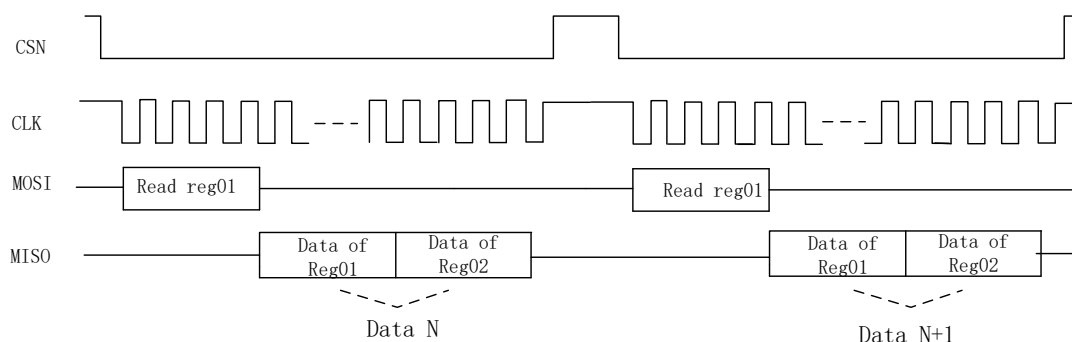


图 14 4 线 SPI 读角度位置寄存器

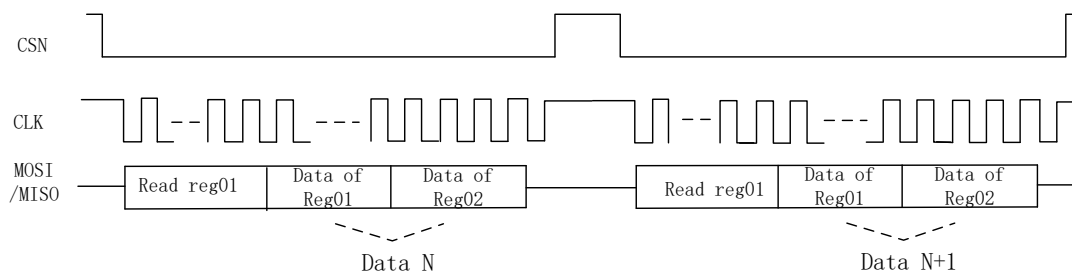


图 15 3 线 SPI 读角度位置寄存器

9.SSI 输出模式

SD3012 支持配置成 SSI 模式，当 0x08[1]=1 时候配置成 SSI 模式，此时芯片将不支持 SPI 模式，pin5 作为角度数据输出端口，时序如下图。

9.1 SSI 数据格式和时序

默认状态下，SSI 数据输出为 10 位，数据格式如下图

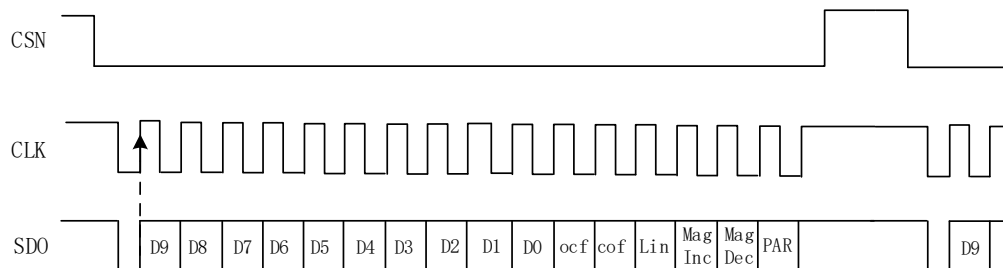


图 16 10 位 SSI 角度输出格式

D9:D0: 10 位角度数据;

ocf:offset 补偿完成位, 为高表示 offset 自动校准启动并已完成

cof:cordic 计算结果溢出

Lin:非线性错误

MagInc: 变高表示磁铁磁场出现增大的变化

MagDec: 变高表示磁铁磁场出现变小的变化

PAR: 前面数据和状态位 ({D9:D0,ocf,cof,Lin,MagInc,MagDec}) 的奇偶校验位
也可以配置成 14 位数据输出:

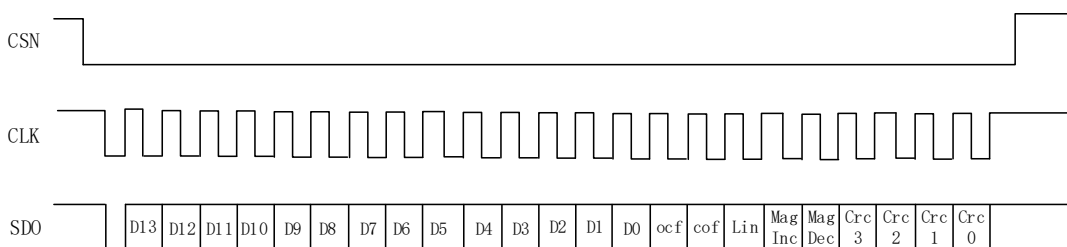


图 17 14 位 SSI 角度输出格式

D13:D0: 14 位角度数据;

CRC[3:0]: CRC 校验码, 为前面 19 位数据的 CRC4 校验码, CRC 多项式= $x^4 + x + 1$,初始值为 F。

其他状态位同前。

9.2 菊链模式

菊链模式下, 多个芯片可以串行工作, MOSI 引脚直接连接到链中后续设备的 DO 引脚, 如下图

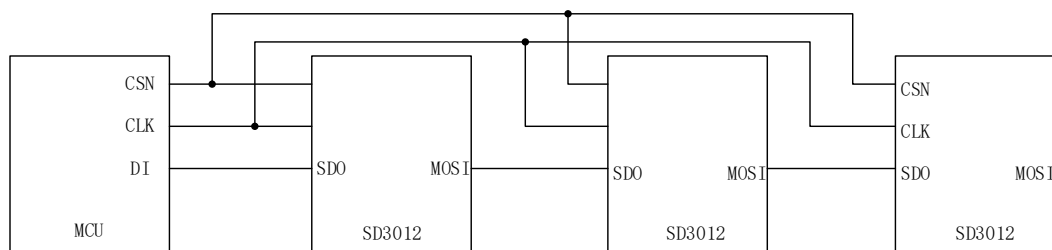


图 18 菊花链模式的使用示意图

数据串行输出到主机的格式如下：

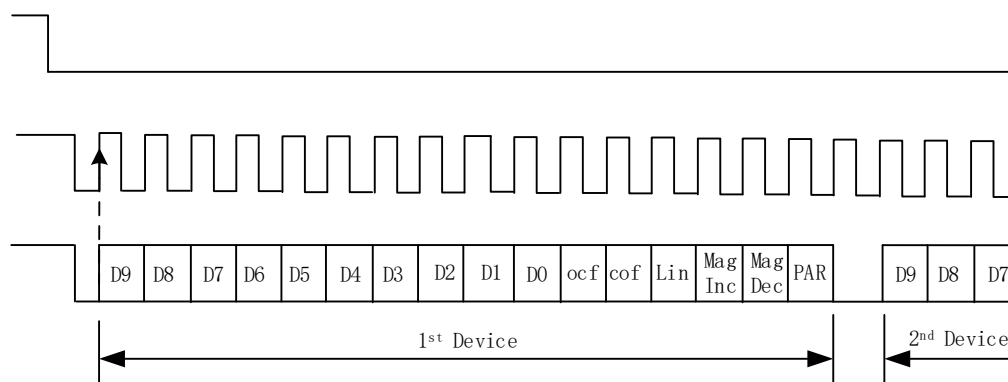


图 19 菊花链模式 SSI 角度输出

10. 电压输出模式

SD3012 内部自带了 12bits 的 DAC，可提供 0- Vdd 的轨到轨电压输出，当寄存器 0x1F<7>=1 时，Pin3 将不是默认的 PWM 输出，而是以电压形式输出角度值。

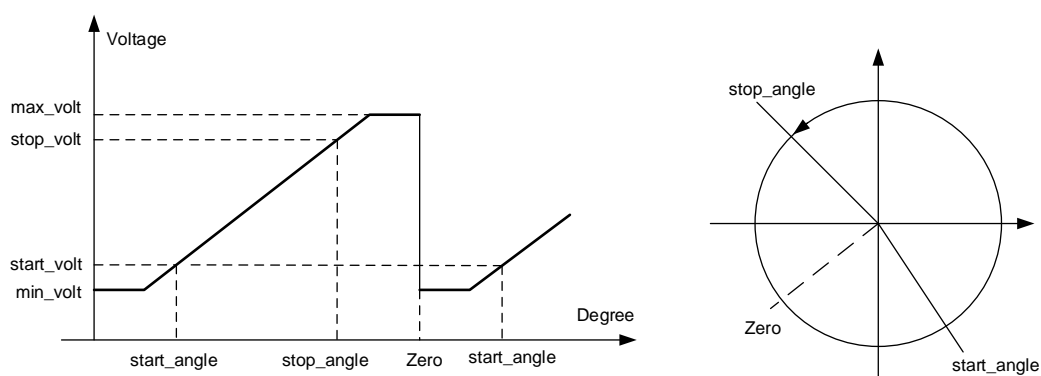


图 20 电压输出

如上图，可以寄存器(OTP)设置起始位置 start_angle 和对应的电压 start_volt，终止位置 stop_angle 和对应的电压 stop_volt，Zero 零位可以由用户编程设定的

start_angle 和 stop_angle 位置自动设定在二者中间位置，如上图所示的 Zero 位置。

如上所述，零点位置根据设定的 start_angle 和 stop_angle 位置自动设定在二者中间位置，如上图所示的 Zero 位置。这是通过 2A,2B 和 2C,2D 定义的，比如当需要零点位置设置在 N 时候，则需要配置 {2B<3:0>,2A} 等于 start_ang=N+1, 配置 {2D<3:0>,2C} 为 stop_ang=N-1。

上述位置 and 对应电压对应的寄存器表如下表 12，其中角度值 $1LSB = \frac{360^\circ}{4096}$ ，0 为 0° ，FFF 表示 359.912，电压 $1LSB = \frac{V_{dd}}{4096}$ ，0 为 0V,FFF 表示为 VDD。

地址	寄存器名	位定义	
0x23	min_volt_Lsb	min_volt<7:0>	
0x24	max_volt_Lsb	max_volt<7:0>	
0x25	min&max_volt_Msb	max_volt<11:8>	min_volt<3:0>
0x2A	start_ang_Lsb	start_angle<7:0>	
0x2B	start_ang_Msb		start_angle<11:8>
0x2C	stop_Ang_Lsb	stop_angle<7:0>	
0x2D	stop_Ang_Msb		stop_angle<11:8>
0x2E	start_volt_Lsb	start_volt<7:0>	
0x2F	stop_volt_Lsb	stop_volt<7:0>	
0x30	start&stop_volt_Msb	stop_volt<11:8>	start_volt<11:8>

表 11 零点位置和起始点位置电压寄存器

例 1，配置当角度从 0 到 120 度旋转时候，电压从 0 线性增加到 VDD,首先配置起始和终止的角度位置寄存器，角度 0 即为初始默认值：0x2A=0,0x2B=0,终止位 120°角度值 12bits 为 {0x2D<3:0>,0x2C<7:0>},0x2C=56h,0x2D=05h,电压值不配置代表 start_volt 和 min_volt 为 0V, stop_volt 和 max_volt 为 VDD。

例 2，配置零点位置为 120 度，也就是零点位置等于 0x555h，则需要把 start=zero+1, stop=zero-1, 则 0x2A=56h,0x2B=05h, 0x2C=54h,0x2D=05h。

具体编程方法详见第 11 节描述。

11.OTP 地址分配和编程方法

OTP 尺寸是 2M，共 8 页，每页 32 字节，页数配置从 page0~page7，其中 page0 是系统配置，包括工作模式，Z 脉冲宽度，UVW 级数等系统配置，Page1~3

厂家使用不对用户开放，Page4,5,6,7 用于零点位置，ABZ 输出分辨率等。

Page4~page7 多页设置用于用户多次编程，每页用完后如果需要更新编程值，需要进行换页，所以在每次编程前，用户需要读取页码值（寄存器 0x11），判断当前页码值后，重新写入另外页码值，需要注意的是写入顺序是 4~7，从小到大的顺序。寄存器 0x11 页码值和页码对应关系如下：

page4: 0x11=0001 0000b

page5: 0x11=001x 0000b

page6: 0x11=01xx 0000b

page7: 0x11=1xxx 0000b

当寄存器值为 pageN(N=4,5,6,7)，需要换页就写入寄存器 0x11 的值为 pageN+1 后进行编程。

完成所需的寄存器 OTP 编程后，如果 OTP 所在页码在 page4~7,还需要对页码值编程，这个页码值在 page0。

OTP 烧写操作的命令在寄存器 0x10，如表 12 所示，page0 的 OTP 烧写指令是 set 0x10=0x12，page4~7 的烧写指令是 set 0x10=0x02。

Addr	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0X10				PROG_page_addr		OTP_Rdy	OTP_Prog	
0X11	Page_ADDR<7:0>							
0X20	OTP_UNLOCK							

表 12 OTP 编程寄存器

例 1: ABZ 脉冲数（线）编程方法：

此处 OTP 在第 4~7 页，主要分 2 大步，第 1~5 步进行零位编程，第 6 步是编好后再编当前 OTP 所在页码的页码值

- 1, 把 Pin2(HVPP) 接 7V 电压
- 2, 解锁 OTP, 写寄存器 0x20 为 B3
- 3, 写入 OTP 的页码,零点位置从第 4 页到第 7 页
 如为 page4: 0x11=0001 0000b
 如为 page5: 0x11=0010 0000b
 如为 page5: 0x11=0100 0000b
 如为 page7: 0x11=1000 0000b
- 4, 写入分辨率的值到寄存器中，如表 3 描述。
- 5, 写入 OTP 的编程指令 0x10=8'h02

6 烧入页码值，写入 OTP 的第 0 页编程指令 0x10=8'h12

参考代码流程（寄存器地址和写入数值均为 16 进制）：

目的更新分辨率到 1000 线，1000 转成 16 进制 {0x32<3:0>,0x31}=1000d=3E8h。

见寄存器表，分辨率寄存器地址在 0x31 和 0x32。

寄存器地址 写入数值

```
reg_set_1 = 31 e8
reg_set_2 = 32 03    ## 写入 1000 线
reg_set_3 = 20 b3    ## 打开 OTP 锁
reg_set_4 = 11 10    ## 写入页码 page4
reg_set_5 = 10 02    ## OTP 编程指令
wait 300ms
reg_set_1 = 10 12    ## OTP 编程指令编写页码(在 page0)
reg_set_2 = 20 00    ## 锁上 OTP
```

例 2：Z 脉冲宽度编程方法：

此处的 OTP 也在第 0 页，无需进行页码编程

- 1, 把 Pin2(HVPP) 接 7V 电压
- 2, 把需要编程的寄存器写入期望值，如 2LSB,0x04=0x01,(详见用户手册)
- 3, 解锁 OTP, 写寄存器 0x20 为 B3
- 4, 写入第 0 页 OTP 编程指令 0x10=8'h12

参考代码：

```
reg_set_1 = 04 01    ## 写入目标值
reg_set_2 = 20 b3    ## 解锁 OTP 编程
reg_set_3 = 10 12    ## 写入编程指令(在 page0)
reg_set_4 = 20 00    ## 锁上 OTP 编程
```

例 3：零点位置编程方法：

主要分 2 大步，第 1~6 步进行零位编程，第 7 步是编好后再编当前 OTP 所在页码的页码值

- 1, 把 Pin2(HVPP) 接 7V 电压
- 2, 从寄存器 0x01,0x02 中读出当前芯片的角度值，01 和 02 的高 6 位组成 14 位角度值:Angle_data[13:0]={0x01[7:0],0x02[7:2]}
- 3, 把 angle_data 的高 12 位写入到零点寄存器中,零点寄存器地址位 0x26 和 0x27,

如下图

Zero={ 0x27[3:0], 0x26} = angle_data[13:2]

- 4, 解锁 OTP, 写寄存器 0x20 为 B3
- 5, 写入 OTP 的页码,零点位置从第 4 页到第 7 页,
 - 如为 page4: 0x11=0001 0000b
 - 如为 page5: 0x11=0010 0000b
 - 如为 page5: 0x11=0100 0000b
 - 如为 page7: 0x11=1000 0000b
- 6, 写入 OTP 的编程指令 0x10=8'h02
- 7, 页码值指令, 写入 OTP 的页码编程指令 0x10=8'h12

参考代码流程（寄存器地址和数值均为 16 进制）：

零位值编程，编入到第五页 OTP 中，

```

Read reg 01 /02, {0x01,0x02}      ## 读出当前角度值
ang_data = {0x01, 0x02<7:4>}
      地址   写入值
reg_set_1 = 26   ang_data[7:0]    ## 写入当前的角度值到零位寄存器高 8 位
reg_set_2 = 27   ang_data[11:8]   ## 写入当前的角度值到零位寄存器低 4 位
reg_set_3 = 20   b3                ## 打开 OTP 锁
reg_set_4 = 11   20                ## 写入页码 page5
reg_set_5 = 10   02                ## OTP 编程指令
wait 300ms
reg_set_1 = 10   12                ## OTP 编程指令编写页码(在 page0)
reg_set_2 = 20   00                ## 锁上 OTP

```

编程结束，HVPP 减低到 VDD，芯片断电重新上电后读出目标寄存器检查是否编程成功，或者无需断电，写 0x20=B6 软复位芯片进行检查。

寄存器以及对应的 OTP 页码如下表

#	Addr(Hex)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	OTP_page
0	0x00	chipID=0x26(2315) chipID=0x25(2315E)								chipID
1	0x01	ANGLE[13:6]								ReadOnly
2	0x02	ANGLE[5:0]						MAGERR		ReadOnly
4	0x04							ZWIDTH		Page0
5	0x05	UVWPOLES						MODE		Page0
8	0x08						NEGABZ			Page0
10	0x0A	HYST								Page0
11	0x0B	RAW_COS[7:0]								
12	0x0C	RAWCOS[11:8]								
16	0x10				PAGEPROG		OTPRDY	OTPPROG		
17	0x11	PAGEADDRESS								Page0
18	0x12	OTPUNLOCK								
19	0x13									
23	0x17	DACMINVOLT[7:0]								Page4~7
24	0x18	DACMAXVOLT[7:0]								Page4~7
25	0x19	DACMAXVOLT[11:8]				DACMINVOLT[11:8]				Page4~7
30	0x1E	ROTDIR								Page0
31	0x1F	PWMDAC								Page0
34	0x22					SWITCHXY				Page4~7
38	0x26	ZERO[7:0]								Page4~7
39	0x27							ZERO[11:8]		Page4~7
42	0x2A	DACSTARTANGLE[7:0]								Page4~7
43	0x2B							DACSTARTANGLE[11:8]		Page4~7
44	0x2C	DACSTOPANGLE[7:0]								Page4~7
45	0x2D							DACSTOPANGLE[11:8]		Page4~7
46	0x2E	DACSTARTVOLT[7:0]								Page4~7
47	0x2F	DACSTOPVOLT[7:0]								Page4~7
48	0x30	DACSTOPVOLT[11:8]				DACSTARTVOLT[11:8]				Page4~7
49	0x31	RESOLUTION[7:0]								Page4~7
50	0x32	RESOLUTION[12:8]								Page4~7

表 13 寄存器表

原厂配售的编程器界面，可以实现比较便捷的编程方法，并可以实现一键调零

通讯接口
 串口号: 串口操作: 芯片供电:

磁编码器系列产品寄存器编程

读当前页码 写编程页码 读当前角度

数字输出编程设置

ABZ线数: 读出 0

UVW极数: 读出 1

Z宽度: 读出

差分模式: 读出

零点位置: 读出 0

模拟输出编程设置

起点位置: 读出 0~4095

终点位置: 读出 0~4095

起点电压: 读出 0~4095

终点电压: 读出 0~4095

Flash:

12.电气特性

参数	注意	最小	最大	单位
VDD 引脚的直流电压	-	-0.3	5.5	V
HVPP 引脚的直流电压	-	-0.3	7	V
储存温度	-	-55	160	°C
工作温度	-	-40	150	°C
静电放电(HBM)	规范: AEC-Q100-2, AEC-Q100-3	-	±4	kV

表 14 电压特性

运行条件: $T_a = -40$ to $+150^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 3.0$ - 5.5V , 除非另有说明

符号	参数	条件/注意	最小	典型	最大	单位
VDD	电源电压	-	3.0	5	5.5	V
HVPP	电源电压	-	6.5	6.75	7	V
I _{dd}	供电电流	-	7	9	11	mA
V _{oq}	输出静态电压	T _a =25°C	-	50	-	%VDD
INL	积分非线性度	Note (1)	-	±0.5	±1	Degrees
DNL	微分非线性度	-	-	±0.022	-	Degrees
V _{noi}	DAC 输出噪声	RMS noise	-	0.022	-	%VDD
T _{PwrUp}	上电时间	-	-	-	50	us
T _{delay}	传播延迟	-	0	200	400	us
时序规范						
t _{iov}	增量输出有效时间	-	-	-	3	us
t _{dv}	方向信号有效时间	-	-	-	3	us
I ² C IO 特性						
V _{IH}	高电平输入电压	-	VDD-1	-	-	V
V _{IL}	低电平输入电压	-	-	-	0.8	V
V _{OH}	高电平输出电压	I _{OH} =4.1mA	VDD-1	-	-	V

V _{OL}	低电平输出电压	I _{OL} = 3.3mA	-	-	0.4	V
I _{LK}	输入漏电流	-	-	-	±1	μA

表 15 电气特性

13, 磁场输入规范

工作条件: 温度 -40 to +150°C, VDD= 3.3-5.5V, 柱体形的双极径向充磁磁场。

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Notes
磁铁直径	Dmag	6	8	12	mm	Recommended magnet: Ø8mm x 2.5mm for cylindrical magnets
厚度	Tmag		2.5		mm	
工作磁场强度	Bpk	200		1000	Gauss	Measured at the IC surface.
磁铁和芯片间隙	AG	0.5	1	2.0	mm	Magnet to IC surface distance .
最大转速	RS			50	KRPM	
轴心最大偏置	DISP			0.3	mm	Misalignment error between sensor center and magnet axis .
推荐磁铁材料和温漂	TCmag 1		-0.12		% / °C	NdFeB (Neodymium Iron Boron)
	TCmag 2		- 0.035			SmCo (Samarium Cobalt)

表 16 磁场输入规范

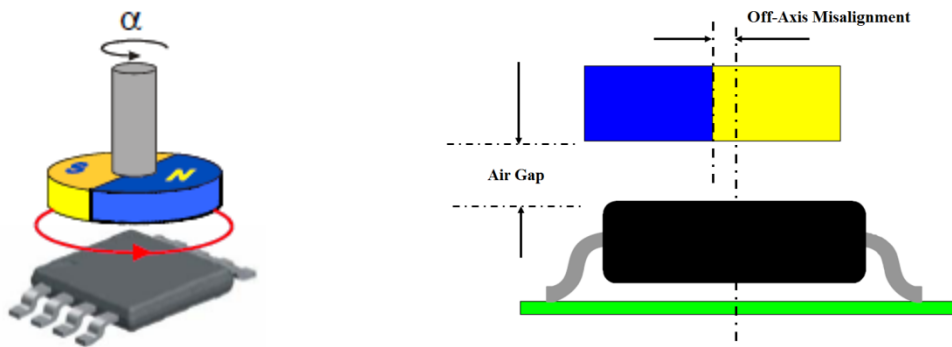
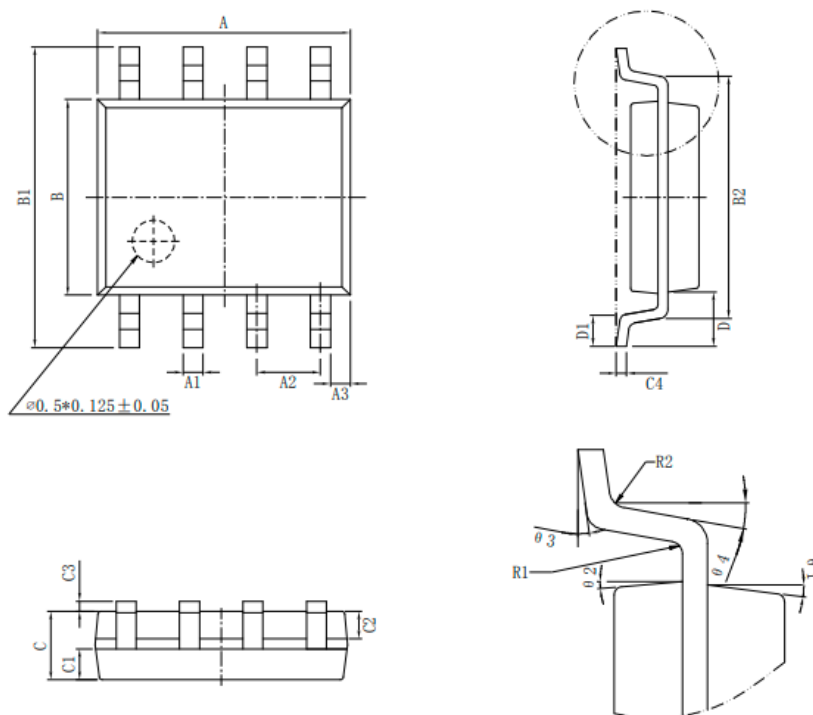


图 21: 磁铁安装示意

8. 芯片封装尺寸



标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)	标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)
A		4.80	5.00	C3		0.05	0.20
A1		0.356	0.456	C4		0.203	0.233
A2		1.27TYP		D		1.05TYP	
A3		0.345TYP		D1		0.40	0.80
B		3.80	4.00	R1		0.20TYP	
B1		5.80	6.20	R2		0.20TYP	
B2		5.00TYP		theta 1		17° TYP4	
C		1.30	1.60	theta 2		13° TYP4	
C1		0.55	0.65	theta 3		0° ~ 8°	
C2		0.55	0.65	theta 4		4° ~ 12°	

图 22 封装尺寸