

1. 基本描述

SD2317 是用于整圈 360° 精确角度测量的角度编码器，通过内置 AMR 磁阻传感器和信号处理芯片，检测旋转磁场并对磁阻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 SPI 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, 18bits 绝对位置角度测量，最高支持转速 30000RPM。
- 2, 支持角度位置的 I2C/SPI/PWM 数字形式输出和模拟电压输出, 以及 ABZ 和 UVW 信号输出
- 3, 支持二进制或十进制 ABZ 波形数输出, 输出数量可编程 0~8192, 即最大分辨率达 8192 线, 32768LSB
- 4, 支持用户零点位置编程, 模拟输出的起始和终点位置编程。
- 5, 模拟输出的断点自动设置
- 6, 3.3V 或者 5V 电压输入
- 7, SSOP16 封装

3. 引脚配置

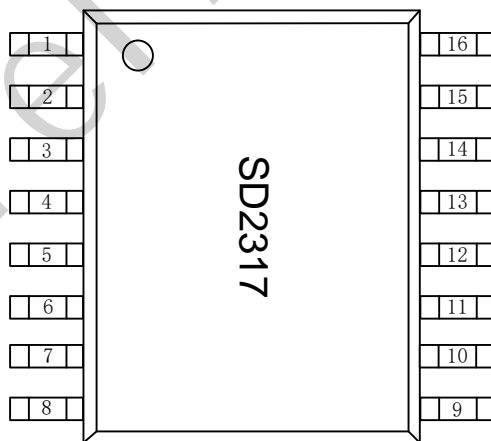


图 1 SSOP16 封装的引脚配置

Name	No	Type	Description
U	1	Digital Output	Incremental Signal U or -A
V	2	Digital Output	Incremental Signal V or -B
W	3	Digital Output	Incremental Signal W or -Z
HVPP	4	Power Supply	Default connect to GND If OTP program , need connect to 6.75V

MISO	5	Digital Output	SPI Data, Slave Output Master Input
MOSI/SDA	6	Digital Input/Output	SPI MOSI or I2C Data
SCK	7	Digital Input	SPI clock or I2C Clock
CSN	8	Digital Input	I2C: high SPI: Csn signal input, default value=high
VDD	9	Power Supply	3.3~5.0V Power Supply
OUT	10	Digital Output	PWM /DAC Output
	11		NA
VSS	12	Power Supply	Ground
	13		NA
Z	14	Digital Output	Incremental Signal Z
B	15	Digital Output	Incremental Signal B
A	16	Digital Output	Incremental Signal A

表 1 Pin 脚列表

4. 典型应用参考电路图

SD2317 的电源由单电源供电, 电压范围 3.3V-5V。典型应用原理图如图 2, 图 3 和图 4。默认状态 Pin1,2,3 默认设置为 UVW, 当寄存器 0x8[2]=1 时, pin1,2,3 设定为 -A /-B/-Z。SPI 默认为 4 线模式, 当 0x1F[6]=1 时, SPI 为 3 线模式。协议描述见第 9 节。

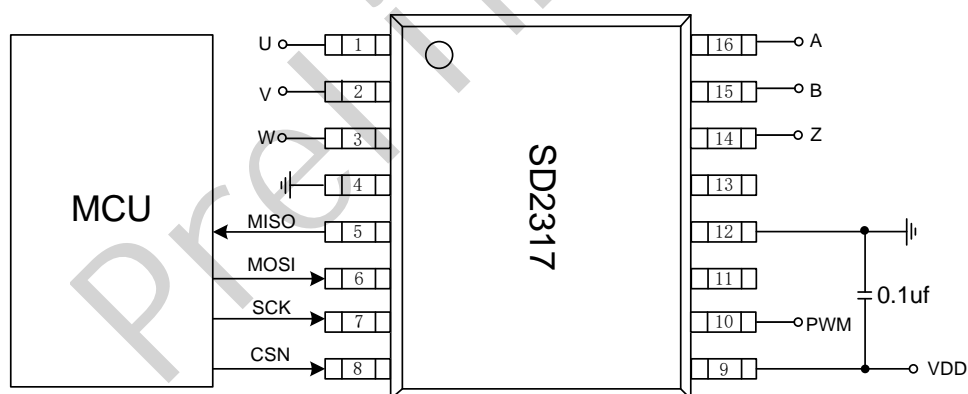


图 2 参考电路 4 线 SPI+ABZ+UVW (或者-A-B-Z) +PWM 模式

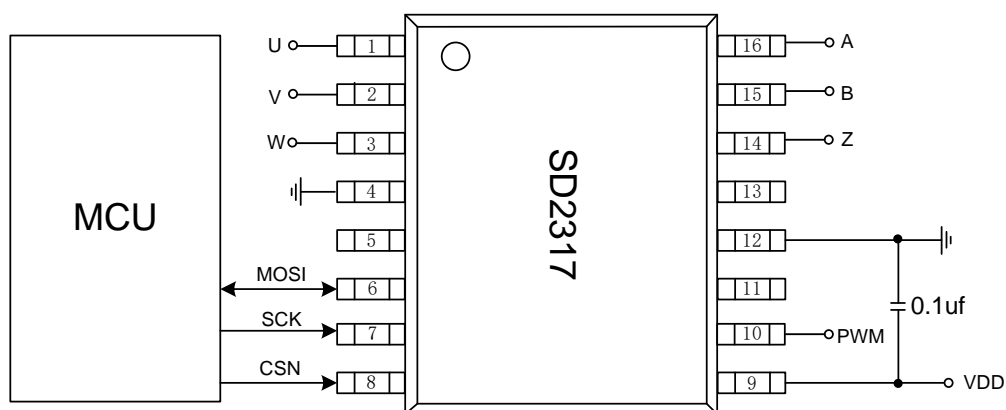


图3 参考电路 3线 SPI+ABZ+UVW (或者A-B-Z)+PWM 模式

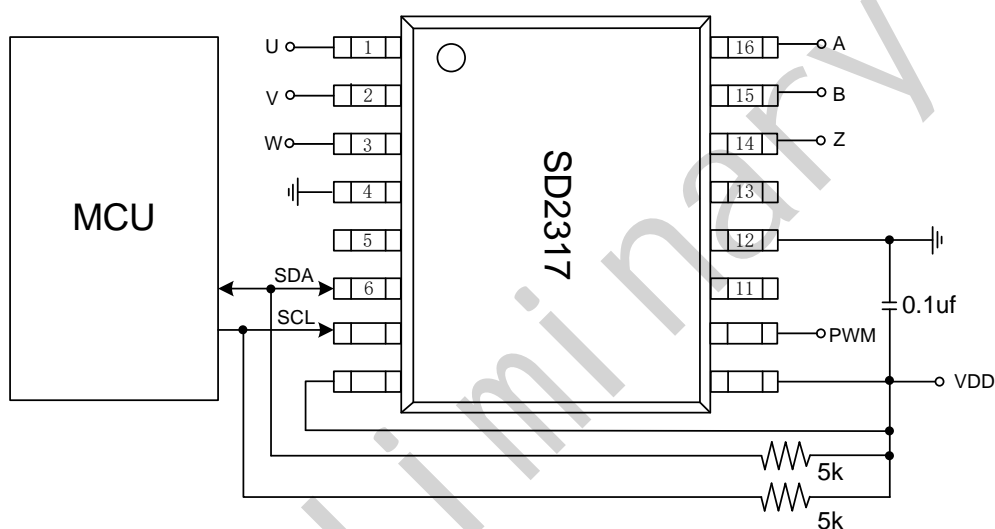


图4 参考电路 I2C+ABZ+UVW+PWM 模式

5.功能框图

图 5 展示了芯片的简化框图，包括 AMR 磁阻传感器电桥，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。为此，该芯片采用坐标旋转数字计算方法（CORDIC）计算出正余弦信号对应的角度和幅值。

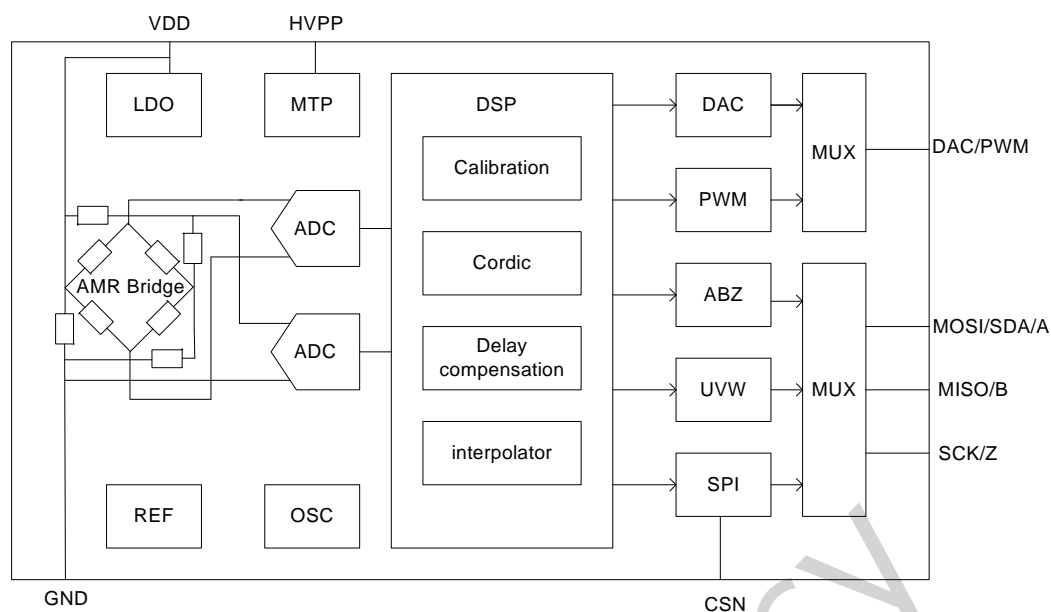


图 5: 简化系统框图

6. 正交 A/B 输出模式和步进索引 SDI 输出信号

芯片通过 pin14,15 和 16 工作在 ABZ 或者 SDI (寄存器 0x05[1:0]=01) 输出模式, 如图 6 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。

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。

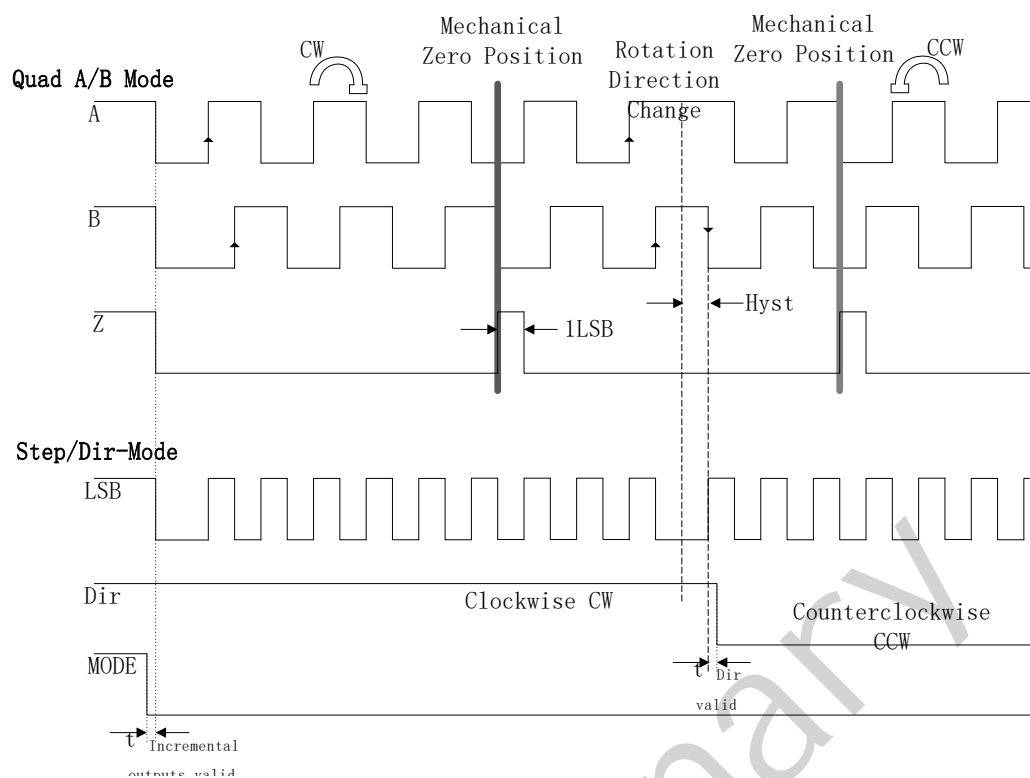


图6 增量输出模式

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 0~32768,可进行任意线的编程,默认 0 状态下分辨率 12 位,即 1024 线,如表 2。寄存器 31 和 32 对应的 OTP 位于第 4 到第 7 页,具体的编程方法见第 10 节描述。

0x31	resolution[13:0]	0: resolution 2^{12}
		1: resolution 1×4
		2: resolution 2×4
		3: resolution 3×4
		...
		$2^{13}-1$: resolution $(2^{13}-1) \times 4$
0x32<5:0>		2^{13} : resolution $2^{13} \times 4$

表2 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 6,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,如表 3:

0x0A[5:3]	000	1.4°
	001	0.7°
	010	0.35°

	011	0.176°
	110	0.5LSB
	111	0

表 3 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}，如表 4 所示，OTP 的具体编程方法见第 10 节 OTP 设置。

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

表 4 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，如表 5:

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

表 5 Z 信号脉冲宽度

7.UVW 输出

Pin1,2,3 默认为 UVW 输出模式，U,V,W 各有 120° 的相位差，时序如图 7，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。

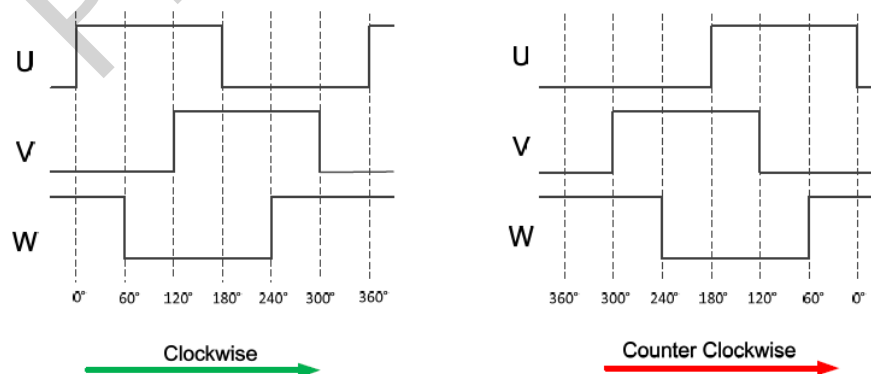


图 7 UVW 的输出相位

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 6 UVW 对极数的寄存器配置

8.PWM 输出:

默认设置时 pin10 配置成 PWM 输出，输出的频率由系统时钟频率和分辨率决定。

0x00[1:0]	Res	00: 10bits
		01: 9bits
		10: 11bits
		11: 12bits

表 7 PWM 精度寄存器设置

当频率设定后, $F_{pwm} = \frac{F_{sys}}{2^{res}}$

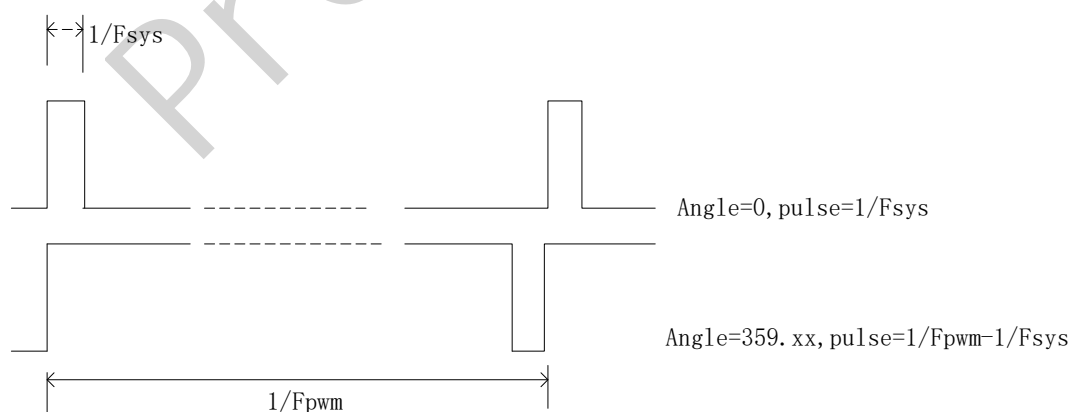


图 8 PWM 输出格式

PWM 输出的零点设置有寄存器 0x26,0x27 个寄存器设置，同表 4 描述。

9.I²C 或者 SPI 操作

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 9 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	从机地址	R	S	寄存器地址(0x09)	S	数据(0x01)	S	S
T		W	A		A		A	T

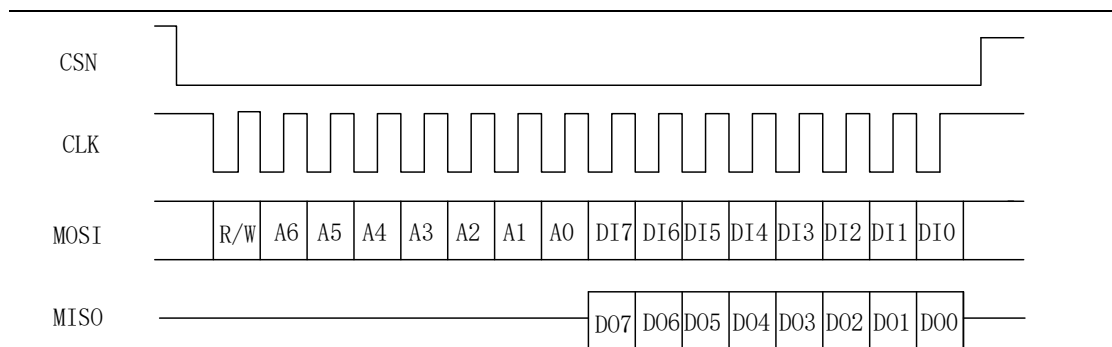


图 12 4 线 SPI 读写位

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

MISO 串行输出数据口，由CLK的时钟下降沿发出数据

bit0 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。

bit8-15 数据位DI7~DI0为写入芯片的数据，数据位DO7~DO0为从芯片读出的数据，具体DI或者DO有效，由bit0位控制。

9.2.2 SPI 的 3 线工作协议

数据协议定义如下：

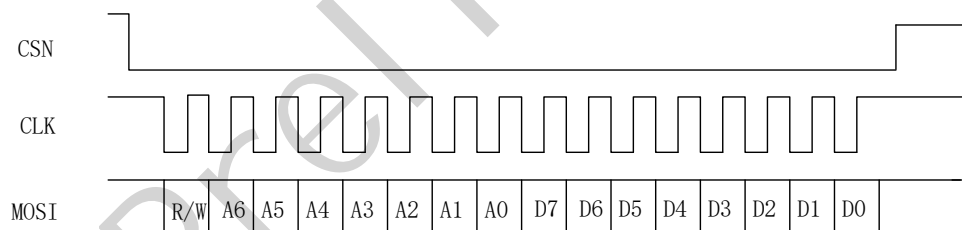


图 13 3 线 SPI 读写位

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 3线协议时作为输入输出复用口，由CLK的时钟下降沿发出数据

bit0 RW控制位，为0表示数据D7~D0写入到芯片中.为1表示data 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

9.2.3 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，拉高 CSN 结束这一次的读取。

SPI 的读取有单次读取(single)模式和连续读取(burst)模式两种方式，单次读取一次读操作得到一个角度值，连续读取可以连续读取多个数据，直到 CSN 拉高后结束。

图 14 和图 15 是以 4 线和 SPI 为例的单次和连续角度值读出时序图。图中 Read reg01=0x81

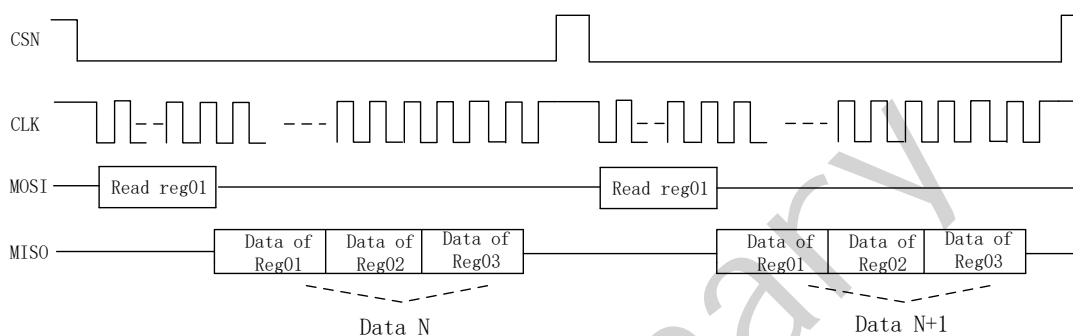


图 14 4 线 SPI 单次读角度位置寄存器

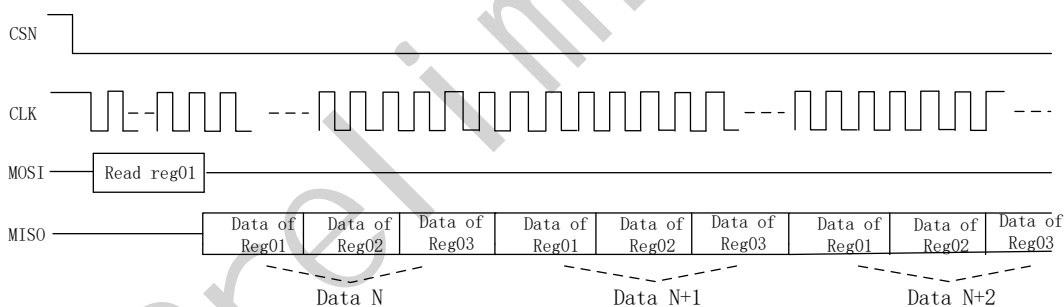


图 15 4 线 SPI 连续读角度位置寄存器

10. 电压输出模式

SD2317 内部自带了 12bits 的 DAC，可提供 0- V_{dd} 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。

如图 16，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。

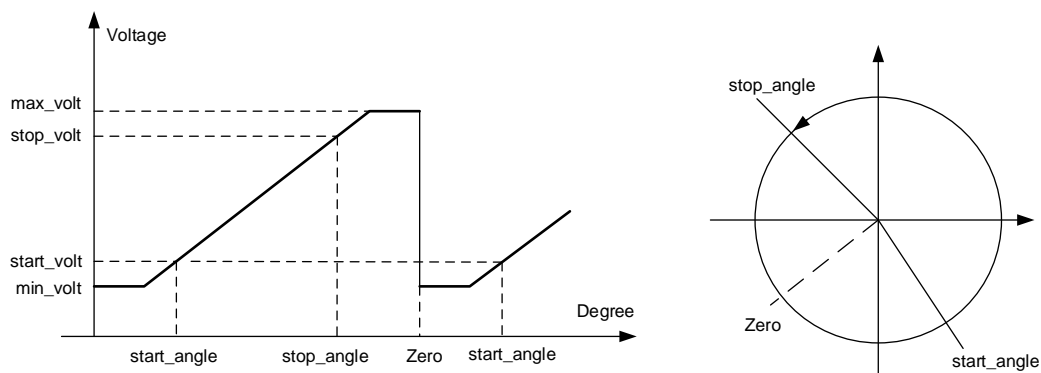


图 16 电压输出

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。

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 10 零点位置和起始点位置电压寄存器

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。

OTP 烧写操作的命令在寄存器 0x10, 如表 11 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_Page0		OTP_Rdy	OTP_Prog	
0X11	Page_ADDR<7:0>							
0X20	OTP_UNLOCK							

表 11 OTP 编程寄存器

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	7	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 12 电压特性

运行条件: Ta = -40 to +150°C, VDD = 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	-	3	5	9	mA
V _{oq}	输出静态电压	Ta=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	75	100	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
PC 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 13 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	5	6	12	mm	Recommended magnet: Ø6mm x 2.5mm for cylindrical magnets
厚度	Tmag		1.75		mm	
工作磁场强度	Bpk	300			Gauss	Measured at the IC surface.
磁铁和芯片间隙	AG	0.5	1.5	2.0	mm	Magnet to IC surface distance .
最大转速	RS			100	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	TCmag1		-0.12		%/ $^{\circ}$ C	NdFeB (Neodymium Iron Boron)
	TCmag2		-0.035			SmCo (Samarium Cobalt)

表 14 磁场输入规范

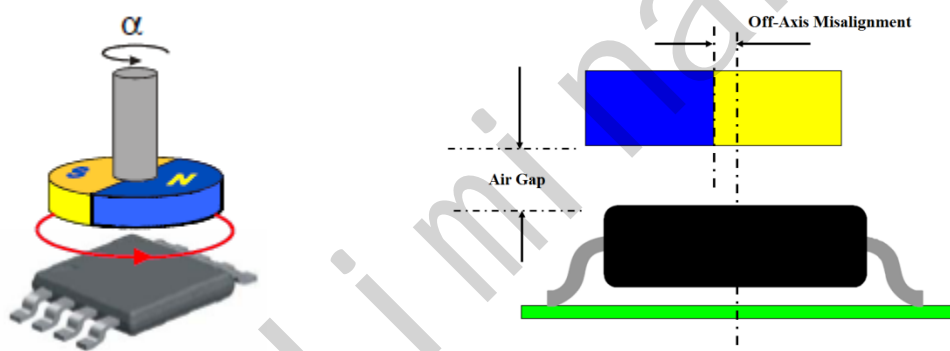


图 17: 磁铁安装示意

14. 芯片封装尺寸

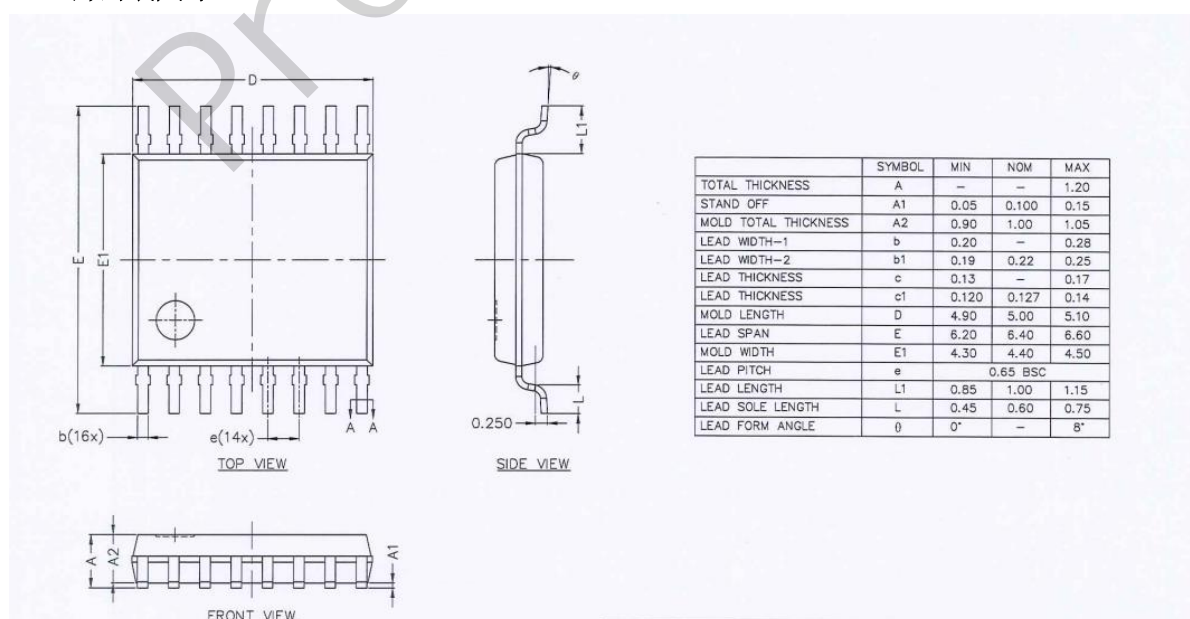


图 18 封装尺寸