

Pin# Board	Pin# AS5047P	Symbol board	Type	Description
P1 - 1	11	5V	Power supply	Positive supply voltage
P1 - 2	12	3V3	Power supply	3.3V LDO output
P1 - 3		NC		Not connected
P1 - 4	1	CSn	Digital input	SPI chip select (active low)
P1 - 5	2	CLK	Digital input	SPI Clock
P1 - 6	4	MOSI	Digital input	SPI MOSI
P1 - 7	3	MISO	Digital output	SPI MISO
P1 - 8	13	GND	Power supply	Ground
P1 - 9	6	B	Digital output	Incremental signal B (quadrature)
P1 - 10	7	A	Digital output	Incremental signal A (quadrature)
P1 - 11	14	I/PWM	Digital output	Incremental signal I (index) or PWM
P1 - 12	5	TEST		Test pin
P1 - 13		NC		Not connected
P1 - 14	8	W/PWM	Digital output	Commutation signal W or PWM
P1 - 15	9	V	Digital output	Commutation signal V
P1 - 16	10	U	Digital output	Commutation signal U

AS5047p模块驱动编写

这是一款什么芯片？

## 简介：

高速（可达28krpm，28k转每分钟）的旋转位置传感器

免去信号处理，有动态角度误差补偿

高分辨率14-bit

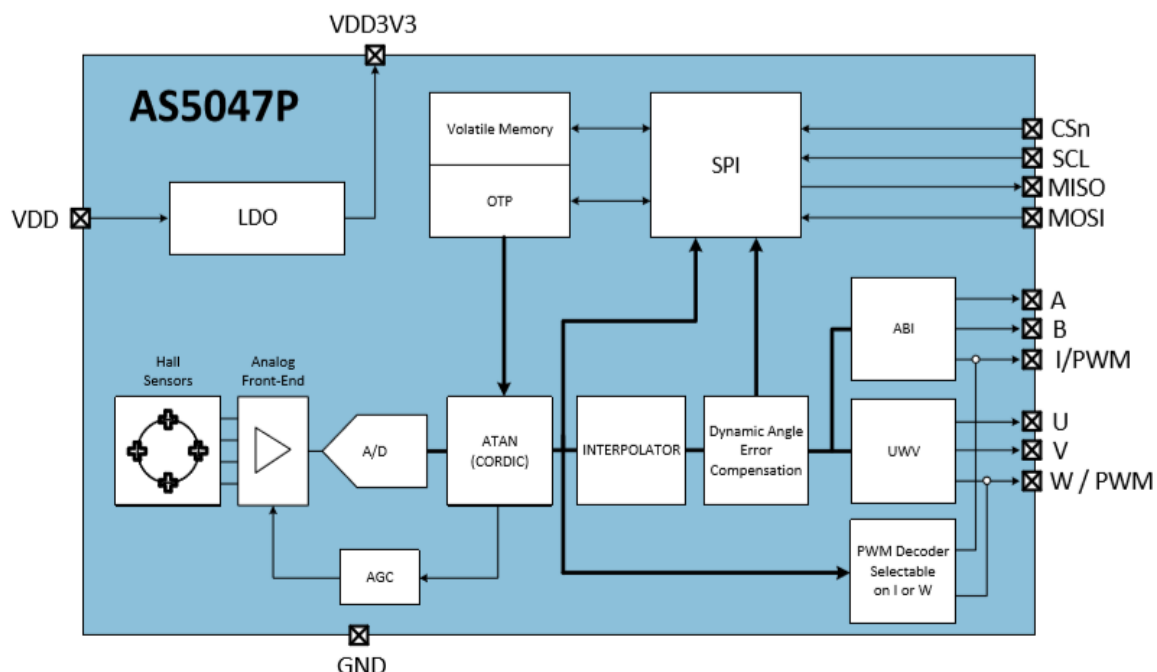
作为简单光电编码器的替代品

无需编程(通过SPI指令)，零位置可以编程设置

独立输出接口SPI, ABI, UVW, PWM

## 应用：

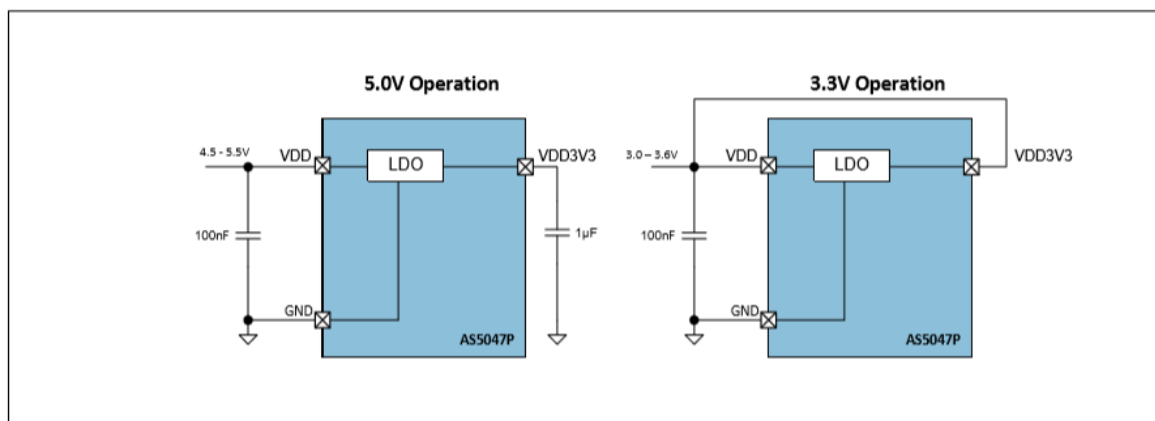
非常适合BLDC无刷直流电机，换相最具挑战性的工业应用，如工厂自动化、楼宇自动化、机器人、永磁同步电机（PMSM）和步进电机闭环以及光学编码器的更换。



## 详情:

AS5047P是一种采用CMOS横向技术的霍尔效应磁传感器。横向霍尔传感器将垂直于芯片表面的磁场分量转换成电压。来自霍尔传感器的信号经模拟前端（AFE）放大和过滤后，再由模数转换器（ADC）转换。通过硬连线CORDIC（坐标旋转数字计算机）模块对ADC的输出进行处理，**计算出磁场矢量的角度和大小**。自动增益控制（AGC）利用磁场强度（幅度）来调节放大水平，以补偿温度和磁场变化。**通过SPI接口读取寄存器可以获得内部14位分辨率**。ABI输出的分辨率可编程为每转4096至100步。动态角度误差补偿块使用线性预测计算算法**修正计算出的延迟角度**。在恒定转速下，延迟时间由AS5047P进行内部补偿，减少SPI、ABI和UVW输出的动态角度误差。AS5047P允许关闭uvw输出接口，将**绝对角度显示为针W上的脉宽调制编码信号**。在更高的速度下，**插补器**(interpolator)填充缺失的ABI脉冲，并在不损失分辨率的情况下生成uvw信号。AS5047P中的非易失性设置可以通过SPI接口编程，而无需任何专用的程序员。AS5047P专为高达28krpm的高速应用而设计。电源管理AS5047P可以由5.0V电源（使用片上低压差调节器）供电，也可以由3.3V电源供电。LDO调节器不打算为任何其他负载供电，它需要一个1μF的电容对地，位于靠近芯片的地方，以实现去耦，如图10所示。在3.3V操作中，必须将VDD和VREG连接在一起。

**Figure 10:**  
**5.0V and 3.3V Power Supply Options**



注意:

- 1.不允许数字输入的浮动状态。
- 2.第二步。如果不使用SPI，则需要CSN上的上拉电阻。
- 三。如果不使用SPI，则需要CLK上的下拉电阻器。

## 额定值：暂时不用

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Note
VDD5	DC supply voltage at VDD pin	-0.3	7.0	V	
VDD3	DC supply voltage at VDD3V3 pin	-0.3	5.0	V	
V <sub>SS</sub>	DC supply voltage at GND pin	-0.3	0.3	V	
V <sub>in</sub>	Input pin voltage		VDD+0.3	V	
I <sub>scr</sub>	Input current (latch-up immunity)	-100	100	mA	Norm: AEC-Q100-004
ESD	Electrostatic discharge	±2		kV	Norm: AEC-Q100-002
P <sub>t</sub>	Total power dissipation (all supplies and outputs)		150	mW	
Ta5V0	Ambient temperature 5V0	-40	125	°C	In the 5.0V power supply mode only
Ta3V3	Ambient temperature 3V3	-40	125	°C	In the 3.3V power supply mode if <a href="#">NOISESET</a> = 0
TaProg	Programming Temperature	5	45	°C	Programming @ Room temperature (25°C ± 20°C)
T <sub>strg</sub>	Storage temperature	-55	150	°C	
T <sub>body</sub>	Package body temperature		260	°C	Norm: IPC/JEDEC J-STD-020
	Humidity non-condensing	5	85	%	
	Moisture sensitivity level	3			Represents a maximum floor lifetime of 168h

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
VDD	Positive supply voltage	5.0V operation mode	4.5	5.0	5.5	V
VDD3V3	Positive supply voltage	3.3V operation mode; only from -40 to 125°C	3.0	3.3	3.6	V
VDD_Burn	Positive supply voltage	Supply voltage required for programming in 3.3V operation	3.3		3.5	V
V <sub>REG</sub>	Regulated Voltage	Voltage at VDD3V3 pin if VDD ≠ VDD3V3	3.2	3.4	3.6	V
V <sub>porON</sub>	Internal POR-ON level	3V operation. Pin VDD5 & VDD3 shorted	2.3		2.85	V
V <sub>porOFF</sub>	Internal POR-OFF level	3V operation. Pin VDD5 & VDD3 shorted	2.05		2.65	V
V <sub>porh</sub>	Internal POR hysteresis		150		300	mV
I <sub>DD</sub>	Supply current				15	mA
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		0.7×VDD			V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage				0.3×VDD	V
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage		VDD-0.5			V
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage				V <sub>SS</sub> +0.4	V
I <sub>Out</sub>	Current on digital output				1	mA
C <sub>L</sub>	Capacitive load on digital output				50	pf

##

## 时间特性：

tpon 最大上电时间 10ms

## 动态误差角度补偿

动态角度误差补偿AS5047P采用4个集成霍尔传感器，产生与模具磁场正交分量成比例的电压。这些电压信号被放大、过滤并转换成数字域，以便CORDIC数字块计算出磁场矢量的角度。通过模拟前端和数字后端传输这些信号会在测量时间和输出处测量角度的可用性之间产生固定的延迟。该延迟产生一个动态角度误差，由角速度（ $\omega$ ）和系统传播延迟（t<sub>delay</sub>）的乘积表示：**dae= $\omega$  x t延迟** 动态角度补偿块计算当前磁铁转速（ $\omega$ ），并将其与系统传播延迟（t<sub>delay</sub>）相乘，以确定校正角度，以减小该误差。在恒定速度下，剩余系统传播延迟为TDelay\_daec。**动态角度误差补偿算法不补偿PWM接口上的角**

度。也可以通过设置daecdis来禁用动态角度误差补偿。禁用动态角度误差补偿可以获得0.016度rms的噪声效益。此设置对于低速（低于100rpm）静态定位应用程序分别有利。

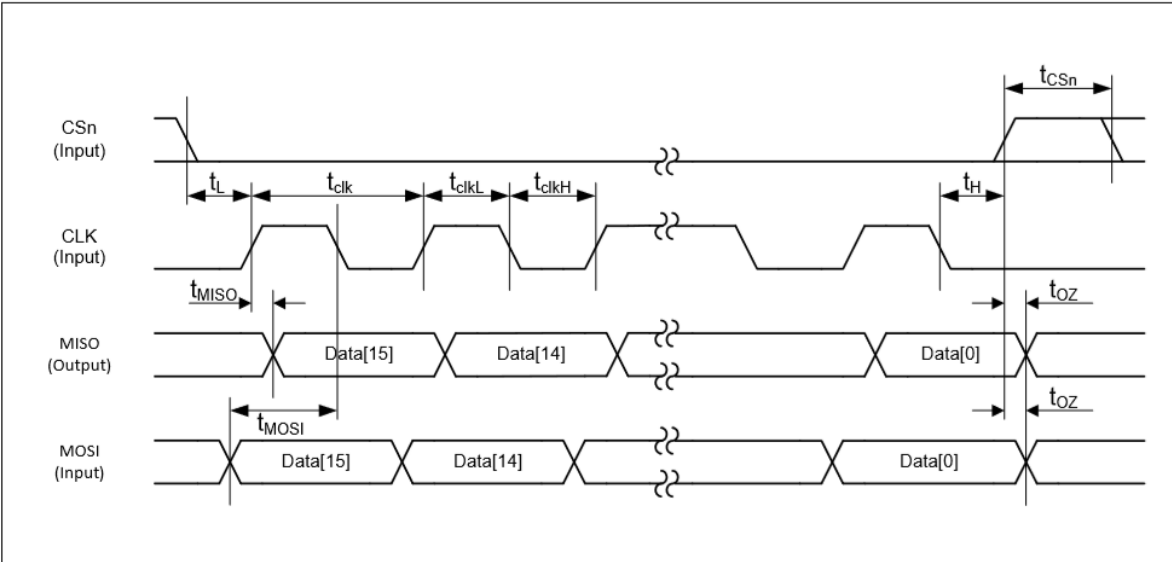
为了提高SPI通信的可靠性，**必须生成和发送一个偶数校验位PARC**。奇偶校验位的错误设置会导致错误标志寄存器中的parerr位被设置。从16位命令帧计算奇偶校验位。16位命令指定事务是读还是写以及地址。

## SPI接口和时序

指令：

Bit	Name	Description
15	PARC	Parity bit (even) calculated on the command frame
14	R/W	0: Write 1: Read
13:0	ADDR	Address to read or write

SPI接口（从）主机微控制器（主）使用SPI接口读取或写入**易失性存储器**，并对**非易失性OTP寄存器进行编程**。AS5047P SPI仅支持从机操作模式。它的通讯时钟频率高达**10兆赫**。AS5047P SPI使用模式=1（**cpol=0, cpha=1**）交换数据。如图11所示，数据传输从CSN的下降沿开始（SCL低）。AS5047P对SCL下降沿的mosi数据进行采样。SPI命令在帧的末尾执行（CSN的上升沿）。**位顺序是最高位优先**。数据受奇偶校验保护。



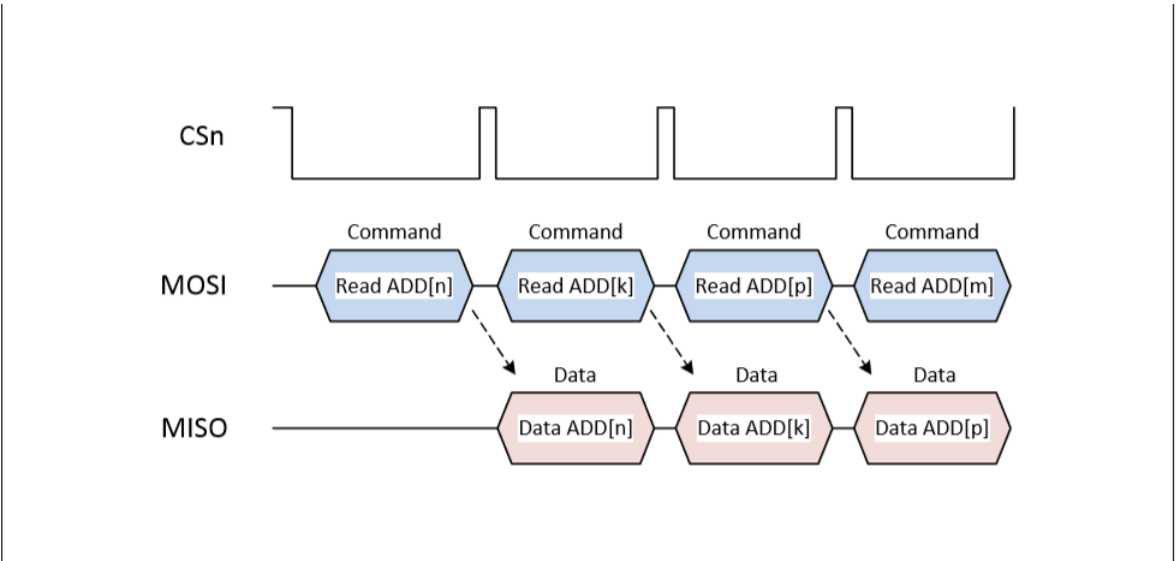
## 读取指令数据格式

ADD是地址Address缩写

SPI Read Data Frame

Bit	Name	Description
15	PARD	Parity bit (even) for the data frame
14	EF	0: No command frame error occurred 1: Error occurred
13:0	DATA	Data

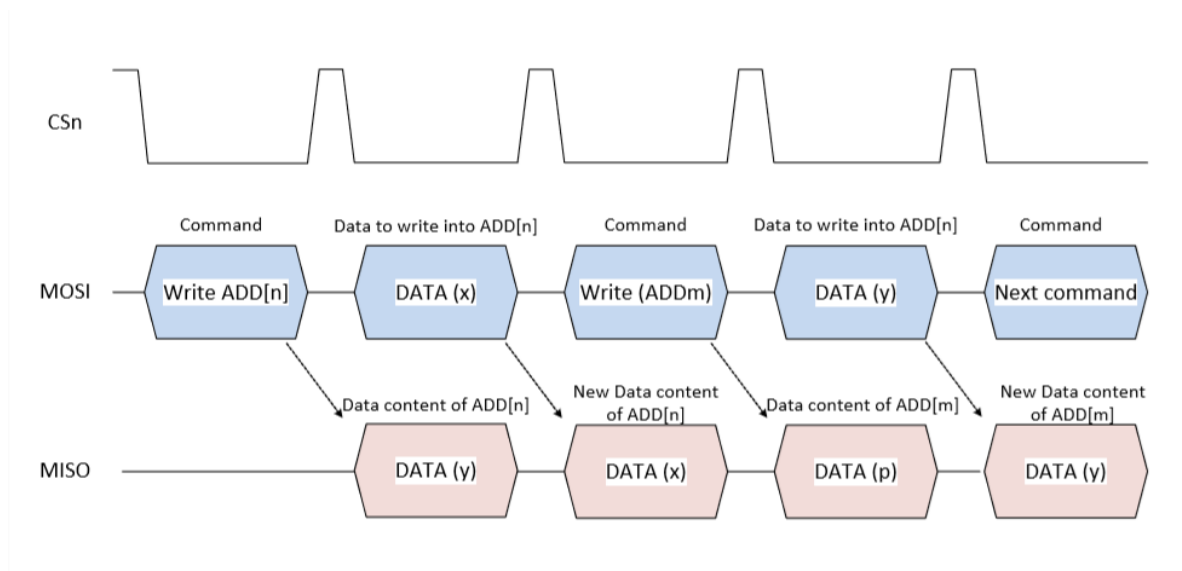
数据通过MISO pin发送。奇偶校验位PARD由AS5047P为16位数据帧计算。如果在前一个SPI命令帧中检测到错误，则将EF位设置为高。在CSn上升沿采样SPI read，然后使用下一个read命令在MISO上传输数据，如图15所示。



本次接收的数据是上次发送指令得到的结果。

写指令数据格式

Bit	Name	Description
15	PARD	Parity bit (even)
14	0	Always low
13:0	DATA	Data



解释：你发送一个指令帧和1个需写入某个地址的寄存器的数据帧。则发送第一帧后，发送第二帧同时收到1个该寄存器的旧数据，然后下一次发送指令同时得到上次写入的新值。（错1位）

注释：以上错1位也就是为什么**需要使用DAEC 动态角度误差补偿了**，以上通过SPI写入指令是写入到易失性的寄存器中的Volatile Registers 。但是这会对永久性寄存器进行编程。

## Volatile Registers Mapping 寄存器映射

Address	Name	Default	Description
0x0000	NOP	0x0000	No operation
0x0001	ERRFL	0x0000	Error register
0x0003	PROG	0x0000	Programming register
0x3FFC	DIAAGC	0x0180	Diagnostic and AGC
0x3FFD	MAG	0x0000	CORDIC magnitude
0x3FFE	ANGLEUNC	0x0000	Measured angle without dynamic angle error compensation
0x3FFF	ANGLECOM	0x0000	Measured angle with dynamic angle error compensation

## ERRFL分表：

Figure 19:  
ERRFL (0x0001)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
PARERR	R	2	Parity error
INVCOMM	R	1	Invalid command error: set to 1 by reading or writing an invalid register address
FRERR	R	0	Framing error: is set to 1 when a non-compliant SPI frame is detected

奇偶校验失败：为了提高SPI通信的可靠性，**必须生成和发送一个偶数校验位PARC**。奇偶校验位的错误设置会导致错误标志寄存器中的parerr位被设置。从16位命令帧计算奇偶校验位。16位命令指定事务是读还是写以及地址。

非法指令：对非法寄存器进行读写

帧错误：SPI帧格式错误不符合约定

**读取ERRFL寄存器会自动清除它的内容(ERRFL=0x0000)。**

## PROG分表

Figure 20:  
PROG (0x0003)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
PROGVER	R/W	6	Program verify: must be set to 1 for verifying the correctness of the OTP programming
PROGOTP	R/W	3	Start OTP programming cycle
OTPREF	R/W	2	Refreshes the non-volatile memory content with the OTP programmed content
PROGEN	R/W	0	Program OTP enable: enables programming the entire OTP memory

PROGVER：编程验证，必须设置成1，来验证通过SPI编写一次性编写寄存器的正确性

OTPREF:用OTP编程内容刷新非易失性内存内容

PROGEN：允许编写OTP

注释：The PROG register is used for programming the OTP memory. (See programming the zero position.)

## DIAAGC分表：

Figure 21:  
DIAAGC (0x3FFC)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
MAGH	R	11	<b>Diagnostics:</b> Magnetic field strength too low; AGC=0xFF
MAGL	R	10	<b>Diagnostics:</b> Magnetic field strength too high; AGC=0x00
COF	R	9	<b>Diagnostics:</b> CORDIC overflow
LF	R	8	<b>Diagnostics:</b> Offset compensation LF=0:internal offset loops not ready regulated LF=1:internal offset loop finished
AGC	R	7:0	<b>Automatic gain control</b> value

用于诊断系统：

MAGH：磁场强度太低。 magnetic H 补偿AGC自动增益补偿 最大。

MAGL：磁场强度过高。



COF: CORDIC overflow溢出

LF: 偏移补偿

LF=0:内部偏移回路未准备好调节

LF=1:内部偏移回路已完成

AGC: 自动增益补偿值 8位。0x\_ \_

MAG分表:

Figure 22:  
MAG (0x3FFD)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
CMAG	R	13:0	CORDIC magnitude information

ANGLEUNC分表:

Figure 23:  
ANGLE (0x3FFE)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
CORDICANG	R	13:0	Angle information without dynamic angle error compensation

角度信息：不带动态补偿的，14位

ANGLECOM

Figure 24:  
ANGLECOM (0x3FFF)

Name	Read/Write	Bit Position	Description
DAECANG	R	13:0	Angle information with dynamic angle error compensation

角度信息：有动态补偿的。14位

备注：非易失性寄存器(OTP)是一种非易失性存储器(一次性可编程)，用于存储磁体的零位置和自定义设置。

## Non—Volatile Register Mapping

Figure 25:  
Non-Volatile Register Table

Address	Name	Default	Description
0x0016	ZPOSM	0x0000	Zero position MSB
0x0017	ZPOSL	0x0000	Zero position LSB /MAG diagnostic
0x0018	SETTINGS1	0x0000	Custom setting register 1
0x0019	SETTINGS2	0x0000	Custom setting register 2
0x001A	RED	0x0000	Redundancy register

### 设置零位高8字ZPOSM分表：

Figure 26:  
ZPOSM (0x0016)

Name	Read/Write/Program	Bit Position	Description
ZPOSM	R/W/P	7:0	8 most significant bits of the zero position

零位置设置：高8位

### 设置零度第8位和MAG诊断ZPOSL分表：

Figure 27:  
ZPOSL (0x0017)

Name	Read/Write/Program	Bit Position	Description
ZPOSL	R/W/P	5:0	6 least significant bits of the zero position
comp_l_error_en	R/W/P	6	This bit enables the contribution of MAGH (Magnetic field strength too high) to the system_error
comp_h_error_en	R/W/P	7	This bit enables the contribution of MAGL (Magnetic field strength too low) to the system_error

5：0设置零位置的低6位

6位：这个位允许MAGH(磁场强度太高)出现在system\_error

7位：这个位允许MAGL(磁场强度太低)出现在system\_error

## 设置SETTINGS1分表:

Figure 28:  
SETTINGS1 (0x0018)

Name	Read/Write/Program	Bit Position	Description
Factory Setting	R	0	Pre-Programmed to 1
NOISESET	R/W/P	1	Noise setting
DIR	R/W/P	2	Rotation direction
UVW_ABI	R/W/P	3	Defines the PWM Output (0 = ABI is operating, W is used as PWM 1 = UVW is operating, I is used as PWM)
DAECDIS	R/W/P	4	Disable Dynamic Angle Error Compensation (0 = DAE compensation ON, 1 = DAE compensation OFF)
ABIBIN	R/W/P	5	ABI decimal or binary selection of the ABI pulses per revolution
Dataselect	R/W/P	6	This bit defines which data can be read form address 16383dec (3FFFhex). 0->DAECANG 1->CORDICANG
PWMon	R/W/P	7	enables PWM (setting of UVW_ABI Bit necessary)

出场设置：预编程为1

NOISESET：设置噪声

DIR：旋转方向

UVW\_ABI:定义PWM输出设置

DAECDIS：失/使能自动增益补偿

ABIBIN：每转一次ABI脉冲的十进制或二进制选择

Dataselect：这个位定义了哪些数据可以从地址16383dec (3FFFhex)中读取。0 -> DAECANG 1 -> CORDICANG

PWMon：使能PWM

## 设置SETTINGS2分表:

Name	Read/Write/Program	Bit Position	Description
UVWPP	R/W/P	2:0	<b>UVW</b> number of pole pairs (000 = 1, 001 = 2, 010 = 3, 011 = 4, 100 = 5, 101 = 6, 110 = 7, 111 = 7)
HYS	R/W/P	4:3	<b>Hysteresis</b> setting
ABIRES	R/W/P	7:5	Resolution of <b>ABI</b>

**UVWPP**: 极对数设置

HYS: 磁滞设置

ABIRES:

## RED

**RED (0x001A)**

Name	Read/Write/Program	Bit Position	Description
REDUNDANCY	R/W/P	4:0	Redundancy bits. This field enables with force to high one bit of the Non-Volatile register map after a non-successful burning. For more details please refer to the application note "AN5000 – AS5147_Redundancy_Bits"

## ABI Incremental Interface

AS5047P可以通过增量接口将角度位置发送给主机微控制器。此接口可与其他接口同时使用。默认情况下，增量接口被设置为每转最高分辨率**4096步，或每转1024脉冲(ppr)**。可以在每转一圈的**十进制脉冲和二进制脉冲之间进行选择**，分别使用比特ABIBIN，并使用比特ABIRES选择每转一圈的脉冲，如图31所示。

ABIRES	ABIBIN	Steps per revolution	Pulses per revolution
000	0	4000	1000
001	0	2000	500
010	0	1600	400
011	0	1200	300
100	0	800	200
101	0	400	100
110	0	200	50
111	0	100	25
000	1	4096	1024
001	1	2048	512
010	1	1024	256

信号A与B之间的相位差表示旋转方向:  
如 DIR-Bit = 0, 顺时针(A前, B跟随)或逆时针(B前, A跟随)。在启动时间内, 芯片通电后, 三个ABI信号都很高。

ABI Signals at 11-Bit Resolution

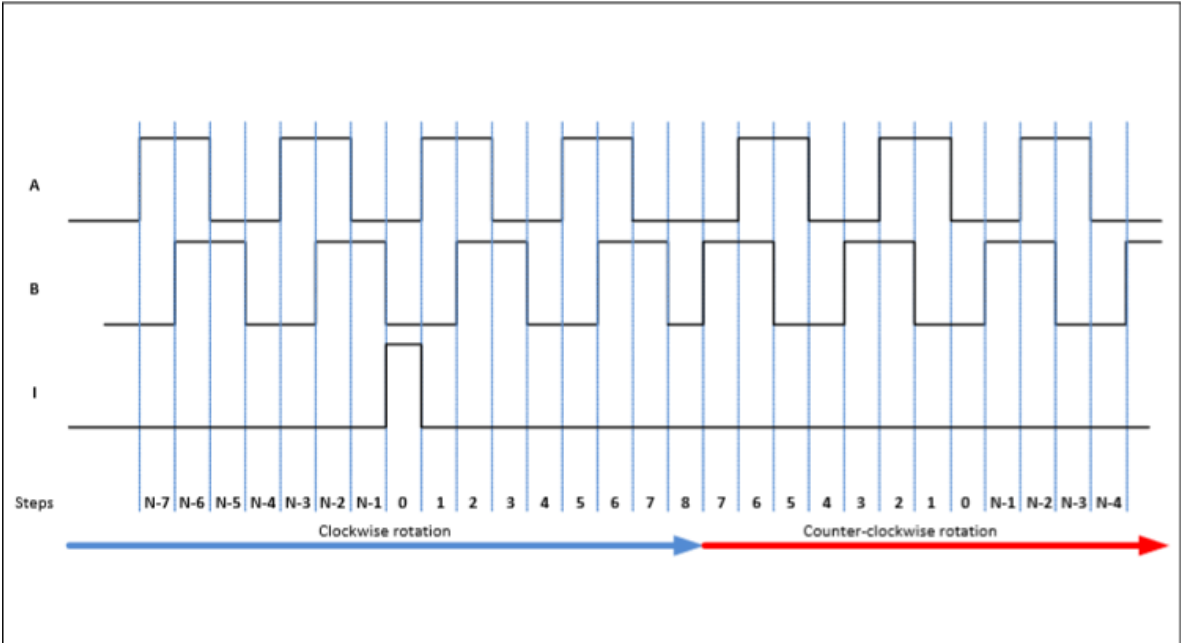


图32显示了磁铁顺时针旋转时ABI信号流, 将磁铁放在AS5047P顶部, 从顶部观察磁铁(DIR=0)。使用位SETTINGS1——DIR, 可以反转旋转方向。

# UVW 通信接口

AS5047P可以模拟无刷直流电机中常用的三个分立霍尔开关产生的UVW信号。设置寄存器中的UVWPP字段选择电机的极对数量(从1对到7对)。UVW信号以14位分辨率产生。在启动时间内, 芯片通电后UVW信号较低。

#### UVW Signals

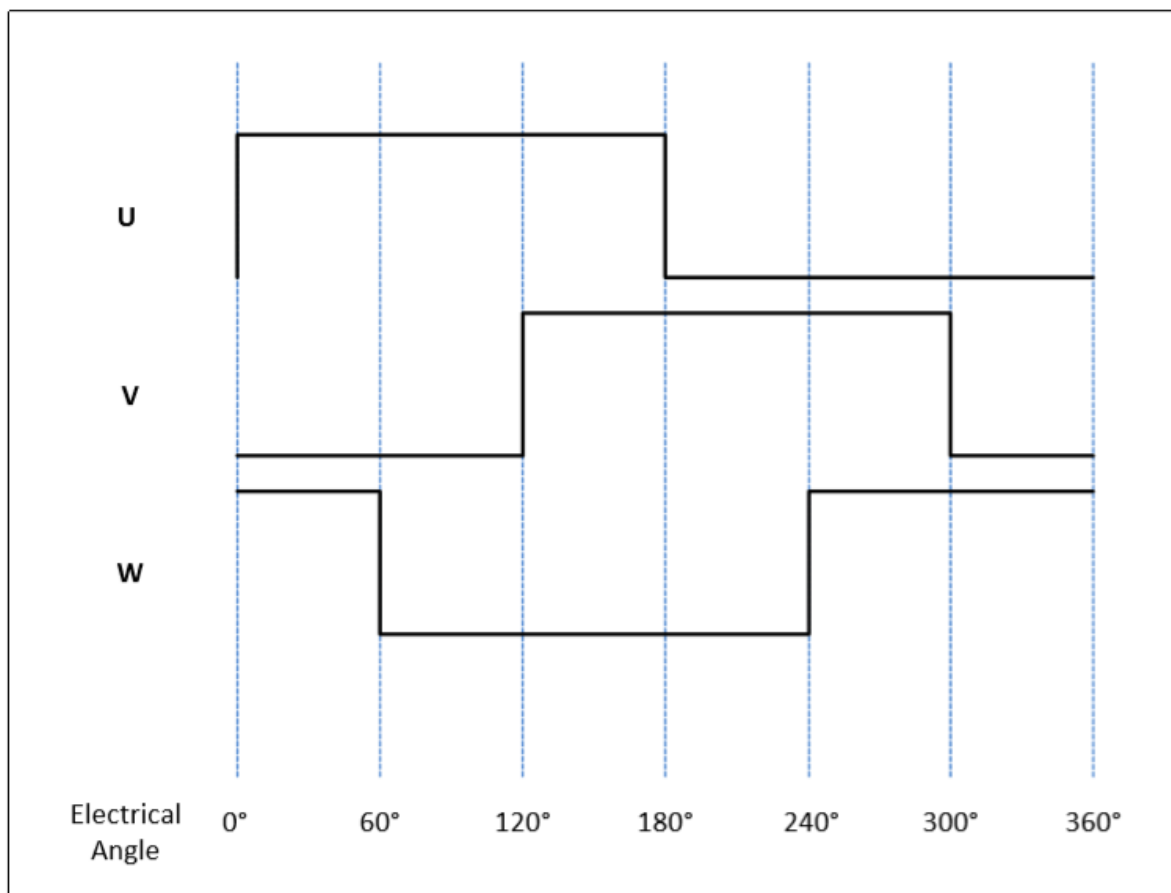
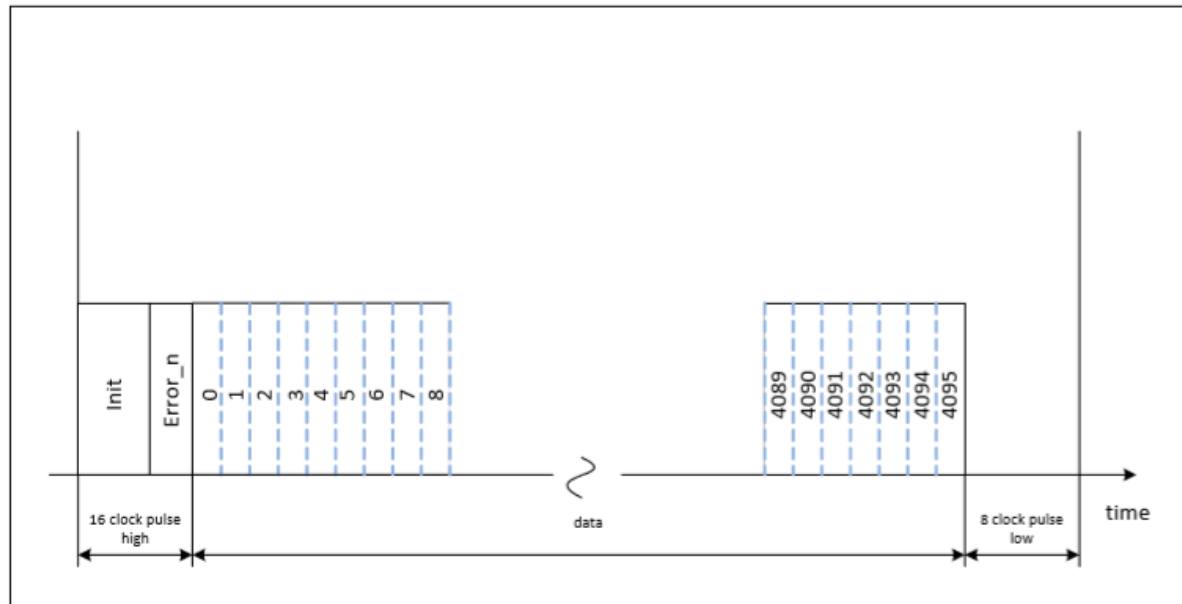


图33显示了磁铁顺时针旋转时UVW信号流, 将磁铁放在AS5047P顶部, 从顶部观察磁铁(DIR=0)。使用位DIR, 可以反转旋转方向。

## PWM信号

PWM可以通过位设置**SETTINGS1**——**PWMon**来实现。PWM编码的信号显示在引脚W或引脚i上。PWM输出由一帧4119 PWM时钟周期组成, 如图34所示。PWM帧有以下几个部分:12个PWM时钟用于初始化, 4个PWM时钟用于误差检测, 16个PWM时钟周期高, 4095个PWM时钟周期数据, 8个PWM时钟周期低。

角度在**帧的数据部分**以**12位分辨率**表示。一个PWM时钟周期代表**0.088度**, 典型的持续时间为444纳秒。如果AS5047P的嵌入式诊断检测到任何错误, PWM接口只显示12个时钟周期高(0.3%占空比)。



## 自动增益补偿和CORDIC

自动增益控制（AGC）和CORDIC幅度AS5047P使用AGC补偿温度变化、芯片与磁铁之间的气隙以及磁铁退磁引起的磁场强度变化。自动增益控制值可以在[DIAAGC](#)寄存器的agc字段中读取。在规定的输入磁场强度（BZ）范围内，自动增益控制工作在一个闭环中，并保持CORDIC幅度值（MAG）恒定。在最小输入磁场强度以下，CORDIC幅度减小，MAGL位被设置。

## 诊断功能Diagnostic:

诊断功能AS5047P支持嵌入式自诊断。磁场强度太高，设AGC = 0xFF。这说明非线性误差可能会增大。磁场强度过低，设置AGC = 0x00。这说明测量角度的输出噪声可能会增大。COF:CORDIC溢出。这说明测得的角度不可靠。LF:补偿完成。在开机时，启动一个内部偏移补偿过程，并在过程完成时设置此位。

## OCF和COF错误

在OCF或COF错误的情况下，**所有输出都将转换为安全状态**:SPI Output: DIAAGC (0x3FFC)寄存器中的信息。角度信息仍然有效。

PWM输出:PWM时钟周期13 - 16的前16个PWM时钟周期=低。另外，没有有效的角度信息(所有4096时钟周期=低)ABI输出:ABI状态被冻结为

ABI = 111 UVW输出:UVW状态被冻结为UVW = 000MAGH Error /MAGL Error的默认诊断设置:如果comp\_h\_error\_en= 0 & comp\_h\_error\_en= 0，则在PWM、ABI或UVW输出上没有安全状态。

该设备的运行性能如所述。错误标志可以用DIAAGC (0x3FFC)寄存器读出。

MAGH错误/ MAGL错误的增强诊断设置:当MAGH错误或MAGL错误时, 如果comp\_h\_error\_en= 1 & comp\_h\_error\_en= 1, PWM、ABI或UVW输出将进入安全状态。SPI输出:DIAAGC (0x3FFC)寄存器中的信息。如果启用了MAGH或MAGL错误标志, 角度信息仍然有效。PWM输出:PWM时钟周期13 - 16的前16个PWM时钟周期=低。附加没有角信息有效(所有4096个时钟周期=低)ABI输出:ABI是冻结状态的ABI = 111 UVW输出:UVW冻结状态的UVW = 000

重要:当comp\_ (h / l)启用\_error\_en边际磁场输入会导致切换的或将导致MAGL ABI / UVW输出之间的切换操作模式和失效模式。

## 应用信息:

---

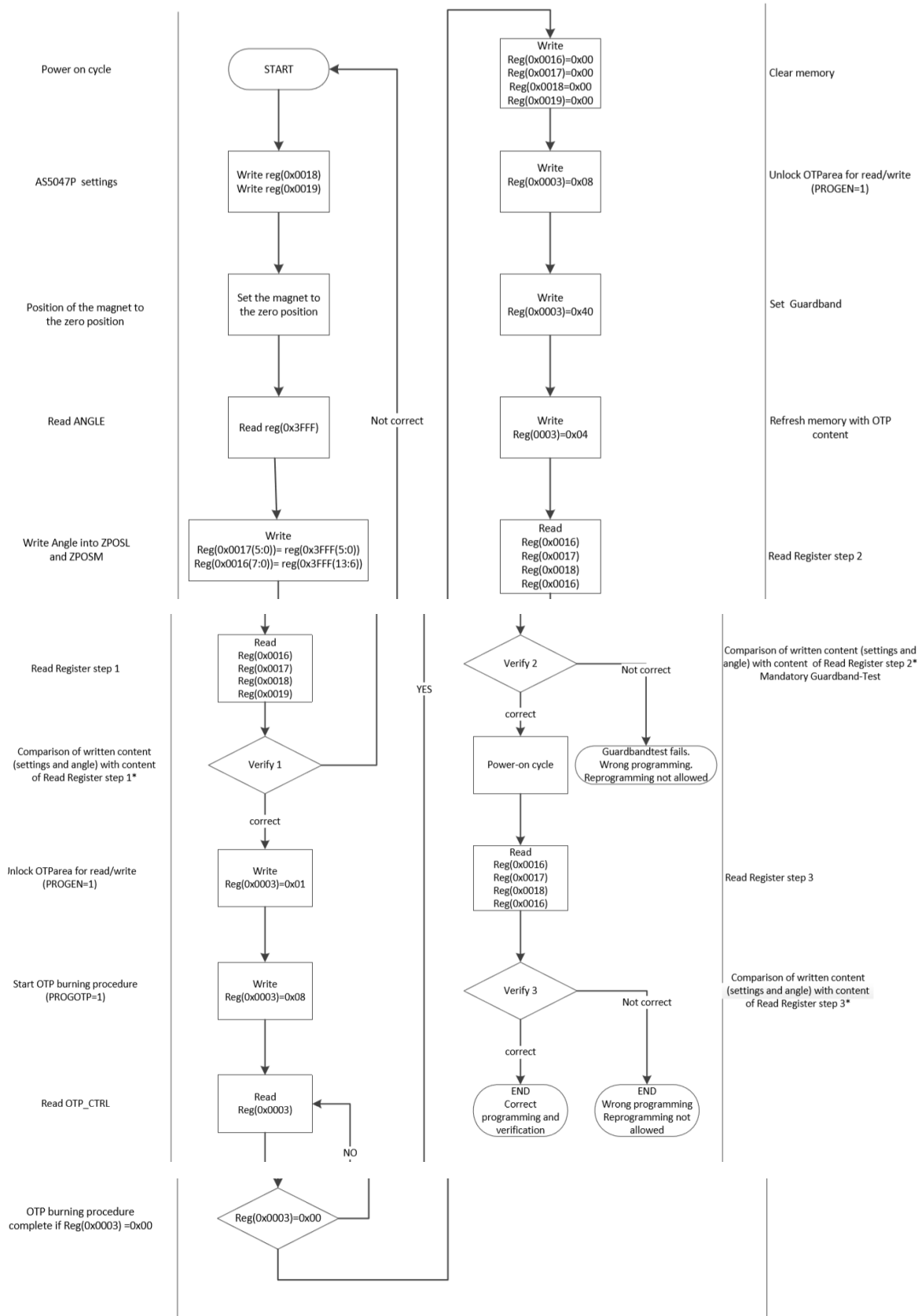
步骤:

编程可以在5V运行时使用内部LDO(稳压器输出引脚上的1uF), 也可以在3V运行时使用3.3V到3.5V之间的电源电压。

1. 接通2号循环电源。
2. 使用此应用程序的自定义设置编写SETTINGS1和SETTINGS2注册表(SETTINGS1的Bit0是一个工厂位。在编程时, 必须将这个位设置为0)。
3. 将磁铁置于所需的零位置。
4. 从角度寄存器中读出测量到的角度。
5. 将ANGLE[5:0]写入ZPOSL寄存器, 将ANGLE[13:6]写入ZPOSM寄存器
6. 读取reg(0x0016)到reg(0x0019)→读取寄存器step1
7. 将写入内容(设置和角度)与读取寄存器step1的内容进行比较(必须从比较中删除Settings1的位0)。Bit0是预编程的)
8. 如果第7点是正确的, 通过在PROG寄存器中设置PROGEN = 1来启用OTP读/写。
9. 通过在PROG寄存器中设置PROGOTP = 1启动OTP刻录过程。
10. 读取PROG寄存器, 直到它读取0x0000(编程过程完成)
11. 清除整个非易失性内存中写入0x00的内容。
12. 通过在PROG寄存器中设置PROGEN = 1来启用OTP读/写。
13. 将PROGVER = 1设置为保护带测试的保护带
14. 通过设置OTPREF = 1, 用OTP内容刷新非易失性内存内容
15. 读取reg(0x0016)到reg(0x0019)→读取寄存器step2
16. 将写入内容(设置和角度)与读寄存器第2步内容的比较。强制:保护带测试(强制从比较中删除Settings1的位0。Bit0是预编程的)
17. 如果第16点是正确的, 新的Power On进入循环。如果第16点失败, 则带有保护带test1的测试不成功, 并且设备编程错误。不允许重编程!
18. 读取reg(0x0016)到reg(0x0019)→读取寄存器step3
19. 比较写的内容(设置和角度)和读寄存器第3步的内容(必须从比较中删除Settings1的位0)。Bit0预编程的)。
20. 如果第19点是正确的, 那么编程就成功了。如果第19点失败, 设备编程错误。不允许重编程



## 流程图



\* During the comparison the bit0 of settings1 has to be ignored. This bit is pre-programmed.

## 术语解释

---

DSP 数字信号处理器, Digital signal processor

rpm 转每分

Volatile Memory 易失性寄存器

Hall sensor 霍尔元件

AGC 自动增益设置 auto gain config

ATAN(CORDIC) 反正切

OTP one time programable 一次性烧写的存储器

INTERPOLATOR 插值? 分数计算器?

ABI AB相增量接口

## 奇偶校验方法:

---

```
unsigned int parity(unsigned int x)
{
    unsigned int parity = 0;

    while(x != 0)
    {
        parity ^= x;
        x >>= 1;
    }
    return (parity & 0x1);
}
```