

# AS5600

## 12位可编程非接触式电位计

### 概 述

**AS5600**是一种易于编程的具有12位高分辨率模拟或PWM输出的磁性旋转位置传感器。这个非接触式模块可以检测出磁铁径向磁轴转动的绝对角度。**AS5600**是为非接触式电位计应用而设计的，其稳健的设计消除了外部杂散磁场的影响。

工业标准的I<sup>2</sup>C 接口支持用户对非易失性参数进行简单的编程而不需要专门的程序员来进行。

默认情况下可以输出0到360度的变化范围。它同样可以通过编程设定0度（开始位置）和最大角度（终止位置）来定义一个较小的输出范围。

**AS5600**配备了智能低功耗功能，以自动降低功耗。

输入引脚(DIR)根据旋转方向选择输出极性。如果DIR接地，那么输出值将随顺时针旋转而增加。如果DIR接至VDD，那么输出值将随着逆时针旋转而增加。

[订购信息](#) 和 [目录](#)在数据手册的底部。

### 主要的 益处 & 特征

12位可编程非接触式电位计-**AS5600**的益处和特征以表格形式展现在下方。

图表 1:  
**AS5600**的使用附加值

益 处	特 性
• 最佳的可靠性和耐久性	• 非接触式角度测量
• 简单的编程	• Simple 用户可通过I <sup>2</sup> C接口简单地编程调节起始和终止位置
• Great flexibility on angular excursion	• 最大角度的调节范围：18° ~360°
• 高分辨率输出信号	• 12位 DAC 输出分辨率
• 可选择的输出	• 模拟输出与VDD的比率或PWM编码数字输出

益 处	特 征
• 低功耗	• 自动调节进入低功耗模式
• 设置简单	• 自动检测磁铁
• 小型化	• SOIC-8 规格封装
• 对环境的强大适应性	• 宽阔的使用温度范围: -40°C ~ 125°C

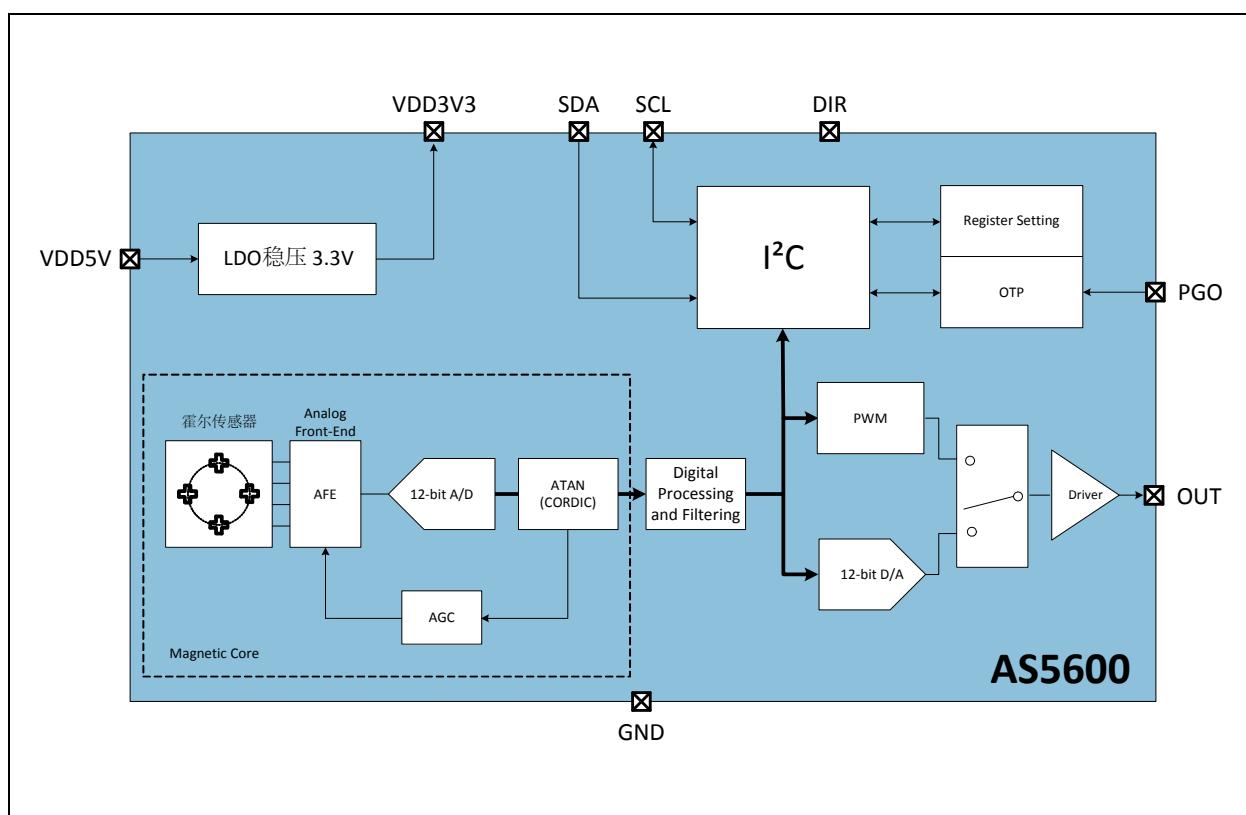
## 应用

AS5600适用于非接触式电位计, 非接触式旋钮, 踏板, 舵机和其他的角度位置测量。

## 结构图

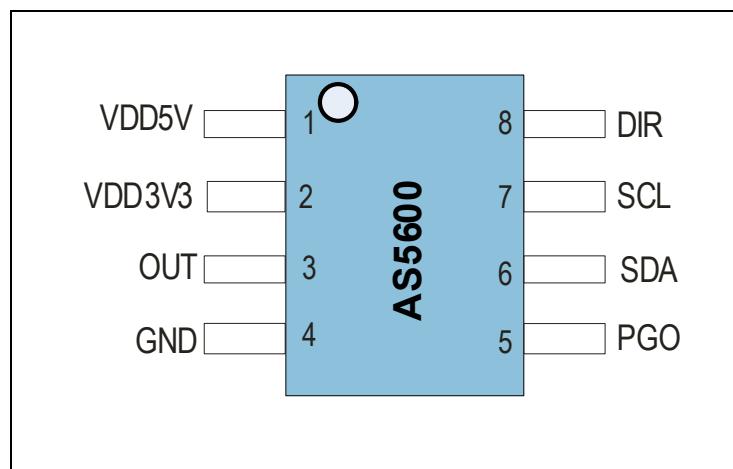
该设备的功能模块如下所示:

图表 2:  
AS5600 功能模块



## 引脚定义

图表 3: SOIC-8  
Pin-Out



图表 4:  
引脚描述

引脚号	名称	类型	描述
1	VDD5V	Supply	+5V 电压供应模式(需要100 nF的退耦电容)
2	VDD3V3	Supply	+3.3V 电压供应模式(在+5V模式的基础上额外需要一个1- $\mu$ F退耦电容)
3	OUT	模拟/数字 输出	模拟/PWM 输出
4	GND	Supply	接地端
5	PGO	数字输入	编程选项 (内部上拉, 连接至GND = 编程选项B)
6	SDA	数字输入/输出	I <sup>2</sup> C 数据端 (consider external pull-up)
7	SCL	数字输入	I <sup>2</sup> C 时钟端 (consider external pull-up)
8	DIR	数字输入	方向极性 (GND = 数值顺时针方向增加, VDD = 数值逆时针方向增加)

## 绝对最大额定值

相关参数超过下表列出的**绝对最大额定值**将会对设备造成永久性损坏。这些仅是压力等级。设备在这些或任何其他条件下的功能操作超出在操作条件下所指示的条件并不是隐含的。设备长期工作在绝对最大额定值环境下可能会对设备的可靠性产生影响。

**图表 5:**  
绝对最大额定值

标志	参数	最小值	最大值	单位	注释
<b>电气参数</b>					
VDD5V	通过VDD5V引脚输入的直流电压	-0.3	6.1	V	
VDD3V3	通过VDD3V3引脚输入的直流电压	-0.3	4.0	V	
VIO	在全部模拟或数字端口上的直流电压	-0.3	VDD+0.3	V	
I <sub>SCR</sub>	输入电流(闩锁效应抗扰度)	-100	100	mA	JESD78
<b>持续功耗 (<math>T_A = 70^\circ\text{C}</math>)</b>					
P <sub>T</sub>	持续功耗		50	mW	
<b>静电放电</b>					
ESD <sub>HBM</sub>	静电放电 (HBM人体放电模式)	±2	kV	MIL 883 E method 3015.7	
<b>温度范围和存储环境</b>					
T <sub>STRG</sub>	存储温度	-55	125	°C	
T <sub>BODY</sub>	原件本体温度		260	°C	ICP/JEDEC J-STD-020 回流焊最高温度(本体温度)是根据 IPC/JEDEC J-STD-020 “ 非密封固态贴片设备的湿/回流敏 感度分类。” The lead finish for Pb- free leaded packages is “Matte Tin” (100% Sn)
RH <sub>NC</sub>	相对湿度(非凝结)	5	85	%	
MSL	湿度敏感等级	3			ICP/JEDEC J-STD-033

## 电气特性

所有限制都是有保证的。最大值参数和最小值参数都是通过有保证的产品测试或 SQC (统计质量控制) 方法而得到的

## 操作环境

**图表 6:**  
系统电气特性和温度范围

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	单位
VDD5V	+5.0V电压供应模式	5.0V 操作模式	4.5	5.0	5.5	V
		在OTP烧录过程中 <sup>(2)</sup>				
VDD3V3	+3.3V电压供应模式	3.3V 操作模式	3.0	3.3	3.6	V
		在OTP烧录过程中 <sup>(2)</sup>	3.3	3.4	3.5	V
IDD	源电流 in NOM <sup>(1)</sup>	PM = 00 总是开启			6.5	mA
IDD_LPM1	源电流 in LPM1 <sup>(1)</sup>	PM = 01 轮询时间= 5ms			3.4	mA
IDD_LPM2	源电流 in LPM2 <sup>(1)</sup>	PM = 10 轮询时间 = 20ms			1.8	mA
IDD_LPM3	源电流 in LPM3 <sup>(1)</sup>	PM = 11 轮询时间 = 100ms			1.5	mA
IDD_BURN	烧录过程中的每一位的源电流	起始峰值, 1 μs			100	mA
		稳定的烧录,<30 μs			40	mA
T <sub>A</sub>	操作温度		-40		125	°C
T <sub>P</sub>	编程温度		20		30	°C

**注释:**

- 对于典型磁场 (60mT)不包括电流传递到外部负载和轮询时间的公差。
- 对于OTP烧录过程，电源电阻不应超过1Ohm.

## 数字输入和输出

图表 7:  
数字输入输出特性

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Units
V_IH	高电平输入电压		$0.7 \times VDD$			V
V_IL	低电平输入电压				$0.3 \times VDD$	V
V_OH	高电平输出电压		$VDD - 0.5$			V
V_OL	低电平输出电压				0.4	V
I_LKG	漏电流				$\pm 1$	$\mu A$

## 模拟输出

图表 8:  
模拟输出特性

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Units
INL_DAC	DAC 积分非线性电气范				$\pm 5$	LSB
DNL_DAC	DAC 微分分非线性电气规范				$\pm 1$	LSB
ROUT_FD	输出电阻负载	0 to VDD output	100			k $\Omega$
ROUT_PD	输出电阻负载	10% to 90% output	10			k $\Omega$
COUT	输出电容负载				1	nF

## PWM 输出

**Figure 9:**  
PWM输出特性

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Units
PWMf1	PWM 频率 <sup>(1)</sup>	PWMF = 00		115		Hz
PWMf2	PWM 频率 <sup>(1)</sup>	PWMF = 01		230		Hz
PWMf3	PWM 频率 <sup>(1)</sup>	PWMF = 10		460		Hz
PWMf4	PWM 频率 <sup>(1)</sup>	PWMF = 11		920		Hz
PWM_DC	PWM 占空比		2.9		97.1	%
PWM_SR	PWM 转换速率	电容负载 = 1nF	0.5		2	V/μs
I_O	PWM的输出电流		±0.5			mA
C_L	PWM输出的电容负载				1	nF

**备注:**

- 所给频率参数为典型值, 误差为 ±5%

## 时序特性

**图表 10:**  
Timing Conditions

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Units
T_DETWD	看门狗检测时间 <sup>(1)</sup>	WD = 1		1		minute
T_PU	启动时间				10	ms
F_S	采样率				150	μs
T_SETTL1	建立稳定时间	SF = 00			2.2	ms
T_SETTL2	建立稳定时间	SF = 01			1.1	ms
T_SETTL3	建立稳定时间	SF = 10			0.55	ms
T_SETTL4	建立稳定时间	SF = 11			0.286	ms

**Note(s):**

- 所给参数为典型值, 误差为±5%

## 磁特性

图表 11:  
磁特性

标号	参数	状态	Min	Max	Units
Bz	正交磁场强度, regular output noise ON_SLOW and ON_FAST	沿1mm圆在模具表面测量的磁场的所需正交分量	30	90	mT
Bz_ERROR	最小所需要的正交磁场强度, 磁场检测等级			8	mT

## 系统特性

图表 12:  
系统规格

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Units
RES	分辨率			12		bit
INL_BL	系统 INL	偏离最佳路线; 360° 最大角度, 无磁场位移, 不执行零编程 (PWM, I <sup>2</sup> C)			±1	degree
ON_SLOW	RMS 输出噪声 (1 sigma)	指定范围内磁场的正交分量(Bz), 2.2 ms之后; SF = 00			0.015	degree
ON_FAST	RMS 输出噪声 (1 sigma)	指定范围内磁场的正交分量 (Bz), 286 μs之后, SF=11			0.043	degree

## 详细说明

AS5600是基于霍尔的旋转磁位置传感器, 使用平面传感器来将垂直于芯片表面的磁场分量转换为电压。

来自霍尔传感器的信号首先被放大和滤波, 然后由模数转换器(ADC)转化. ADC的输出信号是由硬连线的CORDIC块(坐标旋转数字处理器)来处理, 用以计算磁场矢量的角度和大小。自动增益调节器(AGC)利用磁场的强度来调整增益水平, 以补偿温度和磁场的变化。

输出级是采用CORDIC算法提供的角度值。用户可以选择模拟输出或PWM编码的数字输出。前者提供一个输出电压, 该电压将角度表示为比率线性绝对值。后者提供一个数字输出, 其将角度表示为脉冲宽度。

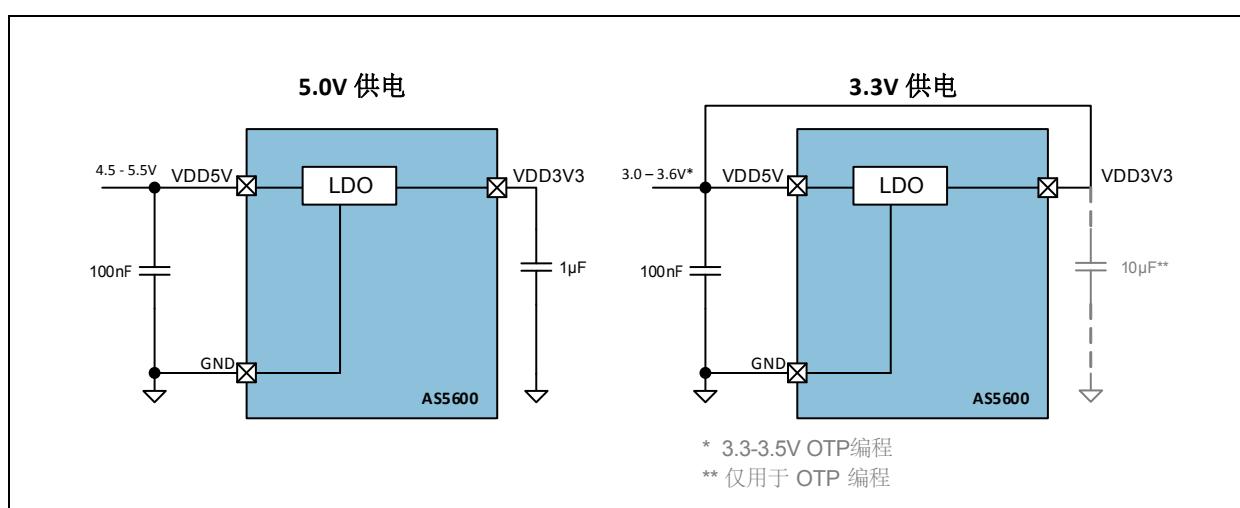
AS5600通过工业级标准的I<sup>2</sup>C接口来编程编写片上非易失性存储器。这个接口可以用来编写设置零角度(起始位置)和最大角度(终止位置), 并将其输出的全部分辨率映射到整个0~360度范围的子集

## 集成电路电源管理

AS5600由5.0V电源供电, 使用片上LDO调节器, 也可以直接由3.3V电源供电。内部LDO不为其他外部集成电路供电, 且需要一个1 μF电容接地, 如图表 13所示.

在使用3.3V供电时,VDD5V和VDD3V3引脚必须被连接在一起。VDD是VDD5V引脚处的电压水平。

**图表 13:**  
5.0V 和 3.3V 电源供应选择



## I<sup>2</sup>C 接口

AS5600在设备模式下支持两线快速模式PLUS和I<sup>2</sup>C从机模式协议,符合NXP半导体(前Philips半导体)UM10204规范。将数据发送到总线上的设备是发射器,接收数据的是接收器。控制数据的设备成为主机。由主机控制的设备称为从机。主机产生时钟信号线(SCL),控制总线访问,并生成控制总线访问的开始和停止条件。AS5600总是在I<sup>2</sup>C总线上做为从机设备使用。通过开漏I/O线SDA和输入SCL来连接到总线上.不包括时钟拉伸。

主MCU(主机)开始数据传输。AS5600的7位从机地址是0x36(二进制表示为0110110)。

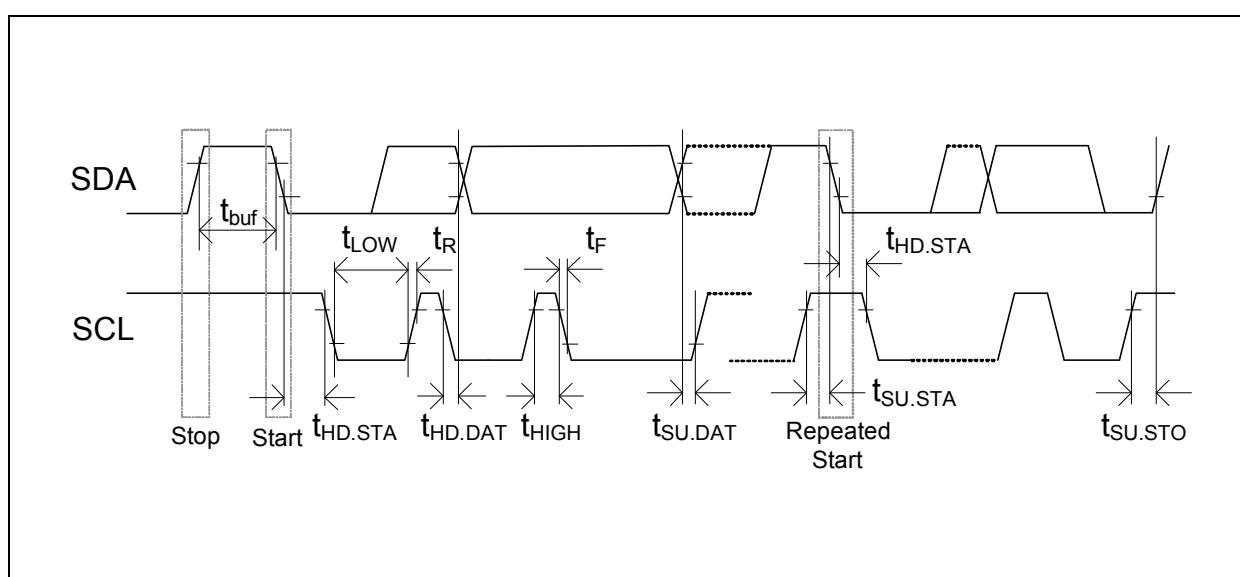
### 支持的模式

- 任意/按次序读
- 字节/页写
- 自动增量(角度寄存器)
- 标准模式
- 快速模式
- 快速模式PLUS

SDA信号是双向数据线。SCL时钟信号是由I<sup>2</sup>C总线上主机产生,用于同步来自SDA的采样数据.最大SCL频率为1MHz.在SCL的上升边缘进行数据采样。

### I<sup>2</sup>C 接口操作

图表 14:  
I<sup>2</sup>C 时序图



## I<sup>2</sup>C 电气特性

图表 15:  
I<sup>2</sup>C 电气特性

标号	参数	状态	Min	Typ	Max	Unit
VIL	逻辑低输入电平		-0.3		0.3 x VDD	V
VIH	逻辑高输入电平		0.7 x VDD		VDD + 0.3	V
VHYS	施密特触发器的输入迟滞	VDD > 2.5V	0.05 x VDD			V
VOL	逻辑低输出电平 (漏极开路或集电极开路) 3 mA 反向电流	VDD > 2.5V			0.4	V
IOL	逻辑低输出电流	VOL = 0.4V	20			mA
t <sub>OF</sub>	输出下降时间从VIHmax到VILmax		10		120 <sup>(1)</sup>	ns
t <sub>SP</sub>	输入滤波器必须抑制的尖峰脉冲宽度				50 <sup>(2)</sup>	ns
I <sub>I</sub>	每个 I/O 引脚的输入电流	输入电压在 0.1 xVDD 到 0.9 xVDD 之间	-10		+10 <sup>(3)</sup>	μA
C <sub>B</sub>	每条总线上的总电容负载				550	pF
C <sub>I/O</sub>	I/O 电容 (SDA, SCL) <sup>(4)</sup>				10	pF

**提示(s):**

1. 在快速模式Plus中, 对于输出级和总线时钟均为相同的下降时间。
2. SDA和SCL输入的输入滤波器抑制小于50 ns的噪声尖峰。
3. 如果关闭VDD, 快速模式和快速模式Plus 的设备绝对不能带载或驱动SDA和SCL线路。
4. 特殊用途的设备, 如多路复用器和开关, 可能会超过此电容, 因为它们将多条路径连接在一起。

**I<sup>2</sup>C 时序**

图表 16:  
I<sup>2</sup>C 时序

标号	参数	Min	Max	Unit
$f_{SCLK}$	SCL 时钟频率		1.0	MHz
$t_{BUF}$	总线空闲时间 (停止和起始的时间间隔)	0.5		μs
$t_{HD;STA}$	持续时间; (重复) 起始状态 <sup>(1)</sup>	0.26		μs
$t_{LOW}$	SCL 时钟低相位	0.5		μs
$t_{HIGH}$	SCL 时钟高相位	0.26		μs
$t_{SU;STA}$	重新启动的设置时间	0.26		μs
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间 <sup>(2)</sup>		0.45	μs
$t_{SU;DAT}$	数据设置时间 <sup>(3)</sup>	50		ns
$t_R$	SDA 和 SCL 信号的上升时间		120	ns
$t_F$	SDA 和 SCL 信号的下降时间	10	120 <sup>(4)</sup>	ns
$t_{SU;STO}$	停止状态的设置时间	0.26		μs

**Note(s):**

- 在此之后，将产生第一个时钟。
- 设备内部必须为sda信号(参考scl的vihmin)提供120 ns(快速模式+)的最小保持时间，以桥接scl下降边缘的未定义区域。
- 快速模式设备可以用于标准模式系统中，但必须要求满足 $t_{SU;DAT} = 250$  ns。如果设备不延长SCL的低相位，这将是自动设置的。  
如果设备确实延长了SCL的低相位，它必须在SCL释放之前发送SDA上的下一个数据位 ( $t_{Rmax} + t_{SU;DAT} = 1000 + 250 = 1250$  ns)。
- 在快速模式+中，输出级和总线时间都指定为相同的下降时间。如果使用串联电阻，则必须考虑总线时间。

## I<sup>2</sup>C 模式

### 无效地址

AS5600有两个地址用于访问寄存器。第一个是用于选择AS5600的从机地址。所有的I<sup>2</sup>C总线事件都包含有从机地址。AS5600的从机地址是0x36(二进制为0110110)。第二个地址是存储地址，其将在发送写事件中的第一个字节中发送。存储地址用于选择AS5600上的寄存器。存储地址将装载到AS5600的地址指针中。在写事件的后续发送字节和后续的读事件中，地址指针提供指向所选寄存器的地址。地址指针将在每个字节被传输后自动增加，除非某些读事件被传输到了特殊寄存器。

如果用户设置了无效的地址指针，则地址字节将不会被承认(A位为高)。然而，读和写周期仍可能进行，地址指针仍会在传输完每一字节后自动增加。

### 读操作

当在无效地址中进行读操作时，AS5600将会在所有的数据位中返回0。地址指针将会在传输完一个字节后自动增加。可以对整个地址范围进行顺序读取，包括地址溢出。

### 角度，原始角度和幅度寄存器地址指针的自动增量

这些特殊寄存器抑制读取时地址指针的自动增量，因此重新读取这些寄存器不需要I<sup>2</sup>C写命令来重新装载地址指针。只有当地址指针设置为寄存器的高字节时，指针的这种特殊处理才是有效的。

### 写操作

在无效地址上进行写操作是不被AS5600所承认的，尽管如此地址指针仍会自动增加。当地址指针指向一个有效的地址时所成功进行的写操作是被承认的。页面写入整个地址范围是可能的，包括地址溢出。

### 支持的总线协议

只有在总线不繁忙时才可以进行数据传输。在数据传输过程中每当SCL为高时，数据线必须保持稳定。当SCL为高时改变数据线将会被认为是开始或结束信号。

因此，确定了下列的总线状态。

#### 总线不繁忙

SDA 和 SCL 都保持为高。

#### 开始数据传输

开始信号定义为：当SCL为高时将SDA从高拉到低

#### 结束数据传输

结束信号定义为：当SCL为低时将SDA从低拉到高

#### 有效数据

在开始传输后，在SCL为高所持续的时间中SDA是稳定时，数据为有效数据。SDA上的数据必须在SCL为低时才能进行改变。每一位数据为一个时钟周期。

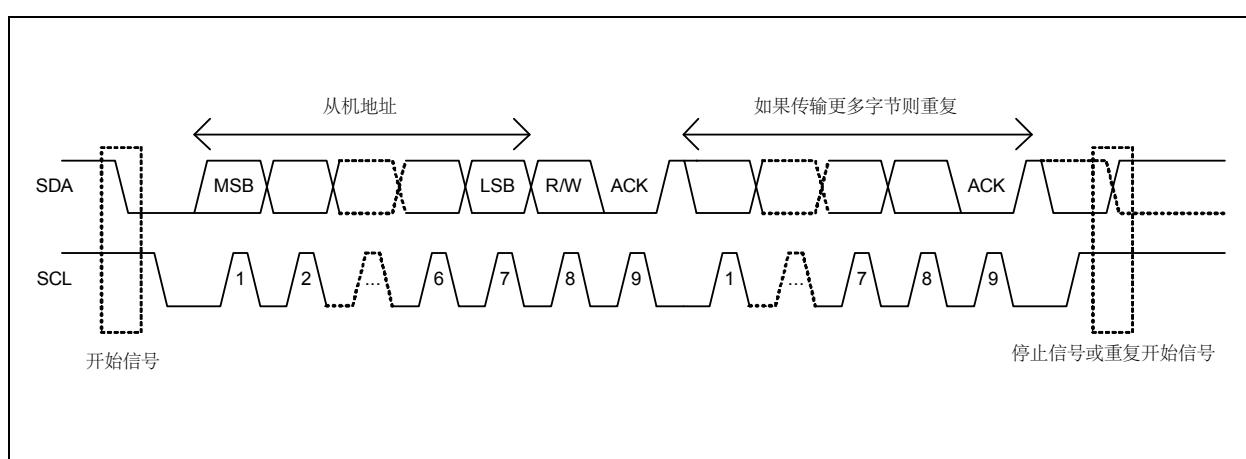
每一个I<sup>2</sup>C总线事件都是在开始信号中开始，在结束信号中结束。在开始和结束信号之间所发送的数据字节是不受限制的，且其是由I<sup>2</sup>C总线主机所决定的。信息以字节的方式传送，每个接收者都用第九位进行接收确认。

#### 确认

每一个I<sup>2</sup>C从机在被寻址时，必须在接收到每个字节后进行确认。I<sup>2</sup>C总线主机必须为此确认位提供额外的时钟周期。

从机在进行接收确认时必须在确认时钟周期内将SDA拉低并在SCL为高时保持稳定。当然，设置和保持的时间必须被考虑在内。主机必须通过不在被从机锁定的最后一个字节上产生确认位来发出一个读结束信号。在这种情况下，从机必须保持SDA高，以使得主机可以产生结束信号。

图表 17:  
读数据



根据 R/W 位的状态，可以进行两种类型的数据传输

#### 从主机到从机的数据传输

主机所发送的第一个字节是从机的地址，紧接着的是 R/W = 0。接下来是一些数据字节。从机在收到每一字节的数据后返回应答标志位。如果从机未能接收数据或命令，则返回非应答标志位(NACK)。数据首先以最重要位 (MSB) 进行传输。

#### 从从机到主机的数据传输

主机发送第一个字节(从机地址). 然后从机饭后一个确认位，紧接着从机发送大量字节的数据。在接收到最后一个字节后，主机返回一个 NACK信号。所有的 SCL 时钟周期和开始结束信号都是由主机产生。一次传输过程由结束信号或重新启动信号结束。这是因为重新开始信号意味着下一次传输的开始，总线并没有被释放。数据首先用 最重要数据位(MSB) 进行传输。

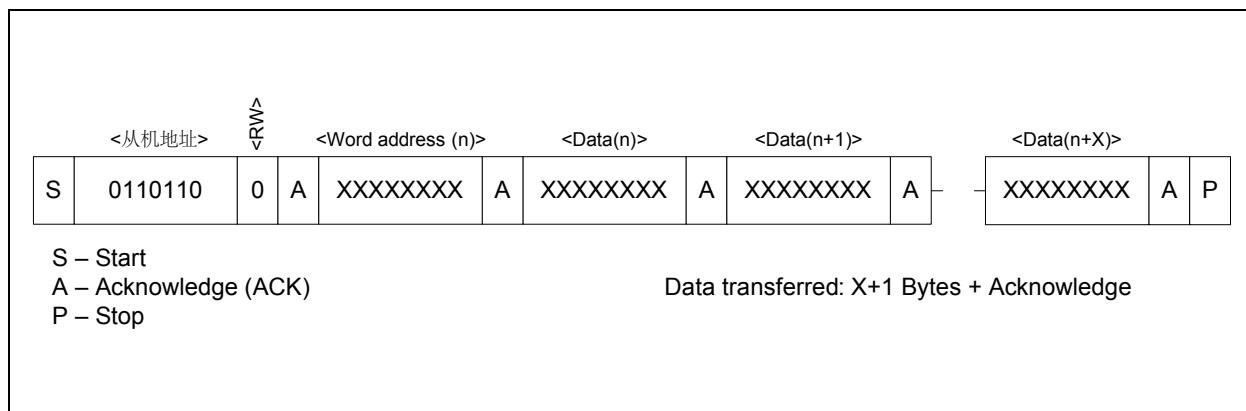
### AS5600从机模式

#### 从机接收模式(发送模式)

串行数据和时钟分别从 SDA 和 SCL 上接收。每个字节后面跟着一个应答位或一个非应答位，这取决于地址指针是否选择一个有效的地址。开始和结束信号理解为总线事件的开始或结束。在开始信号后，接收到的第一个字节就是从机地址。AS5600的7位地址是(二进制为0110110)。

7位地址后面跟着读写方向位，0 (低) 为写。在接收和译码从机地址后，从机将在 SDA 返回应答信号。在 AS5600 返回从机地址和写方向位的应答信号后，主机将给其发送寄存器地址 (存储地址)。这个地址将会被装载入 AS5600 的地址指针中。如果该地址被 AS5600 所接受，其将会返回一个应答位(一个低电平)。如果地址指针指向了一个无效的地址，其将会返回一个非应答位(一个高电平)。然后，主机将会发送 0 或更多字节的数据。如果地址指针指向无效地址，从机接收到的数据将不会被存储。地址指针将会在每一次接收到字节数据后增一，无论指向的地址是否有效。如果地址指针再次指向了有效地址，AS5600 将会返回一个应答位并存储数据。主机产生一个结束信号来终止写操作。

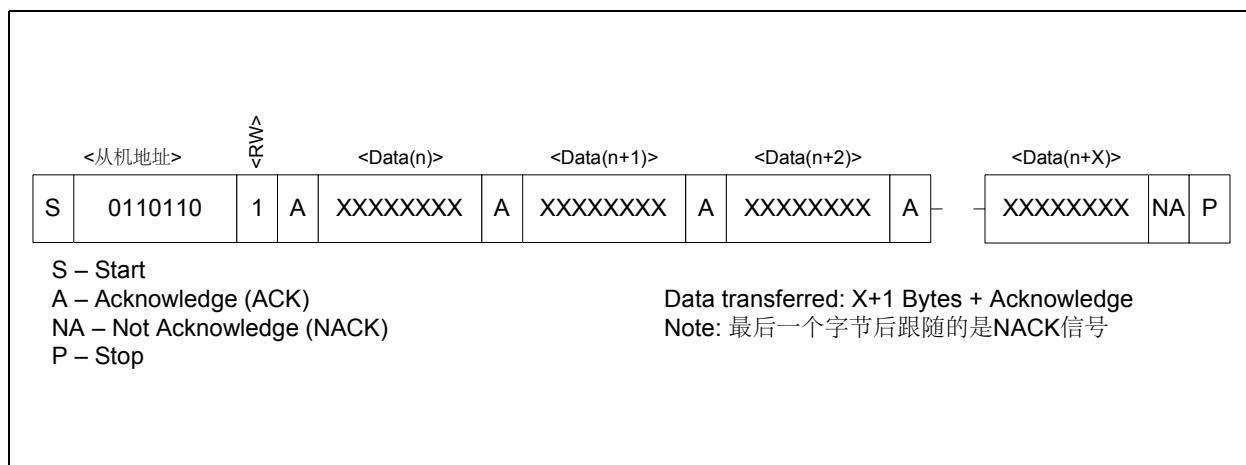
**图表 18:**  
写数据 (从机接收模式)



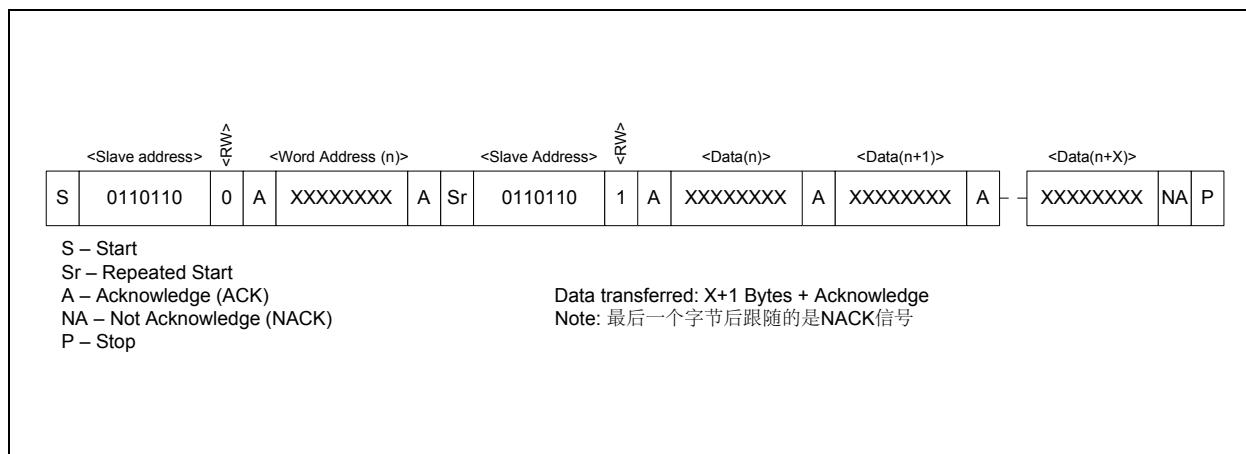
#### 从机发送模式(读模式)

第一个字节被接收和处理就像在从机模式中一样。然而，在这种模式下，方向位指明了AS5600将在SDA上进行发送数据。开始和结束信号标志着总线事件的开始和结束。在主机产生开始信号后，从机接收到的第一个字节为从机地址。从机地址中包括7位的AS5600的地址。这7位从机地址后跟随着读写方向位(R/W)，1表示读(高)。接收和译码从机地址后，从机将在SDA线上发送应答位。然后AS5600将开始从地址指针所指向的寄存器传输数据。如果地址指针在读事件进行之前没有被写入，其将会从上一次存储的地址指针所指向的寄存器开始进行读操作。AS5600只有在接收到非应答位(NACK)后才会结束读事件。

图表 19:  
读数据(从机发送数据模式)



**图表 20:**  
重新装载地址指针进行数据读 (从机发送模式)



#### SDA 和 SCL 输入滤波

SDA 和 SCL 的输入滤波包括抑制小于 50 ns 的噪声尖峰。

## 寄存器描述

以下寄存器可通过 I<sup>2</sup>C 串行接口进行访问。从机的7位地址是 0x36(二进制为 0110110)。为了永久地对模块配置，提供了一个非易失性存储器 (OTP)。

图表 21:  
寄存器图

Address	Name	R/W	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0		
配置寄存器 (1), (2)												
0x00	ZMCO	R								ZMCO(1:0)		
0x01	ZPOS	R/W/P							ZPOS(11:8)			
0x02			ZPOS(7:0)									
0x03	MPOS	R/W/P							MPOS(11:8)			
0x04			MPOS(7:0)									
0x05	MANG	R/W/P							MANG(11:8)			
0x06			MANG(7:0)									
0x07	CONF	R/W/P			WD	FTH(2:0)			SF(1:0)			
0x08			PWMF(1:0)		OUTS(1:0)			HYST(1:0)	PM(1:0)			
输出寄存器												
0x0C	RAW ANGLE	R							RAW ANGLE(11:8)			
0x0D		R	RAW ANGLE(7:0)									
0x0E	ANGLE	R							ANGLE(11:8)			
0x0F		R	ANGLE(7:0)									
状态寄存器												
0x0B	STATUS	R			MD	ML	MH					
0x1A	AGC	R	AGC(7:0)									
0x1B	MAGNITUDE	R							MAGNITUDE (11:8)			
0x1C		R	MAGNITUDE(7:0)									
烧录命令												
0xFF	BURN	W	Burn_Angle = 0x80; Burn_Setting = 0x40									

**Note(s):**

- 若要更改配置，请读出寄存器，只修改所需的位并编写新配置。空白字段可能包含有工厂设置。
- 在开机时，配置寄存器被重置为永久编程值，没有编程的位为0。

## ZPOS/MPOS/MANG 寄存器

这些寄存器用来配置起始位置(ZPOS)和停止位置 (MPOS)或在一个小角度范围内的最大角度值(MANG)。默认配置的角度是从 $0^\circ$  到 $360^\circ$ ，但是当设置有一个小角度范围时，输出分辨率将自动缩放到设置的角度范围。角度范围必须大于18度。设置角度范围请参阅 [角度编程设置](#)。

## CONF 寄存器

CONF寄存器支持自定义 AS5600. [图表 22](#) 展示描述了CONF寄存器。

**Figure 22:**  
CONF 寄存器

标号	位址	描述
PM(1:0)	1:0	电源模式 00 = NOM, 01 = LPM1, 10 = LPM2, 11 = LPM3
HYST(1:0)	3:2	迟滞 00 = OFF, 01 = 1 LSB, 10 = 2 LSBs, 11 = 3 LSBs
OUTS(1:0)	5:4	输出级 00 = 模拟 (在 GND 到 VDD 之间的从 0% 到 100% 的范围, 01 = 模拟 (在 GND 到 VDD 之间范围从 10% 减小到 90%, 10 = 数字 PWM
PWMF (1:0)	7:6	PWM 频率 00 = 115 Hz; 01 = 230 Hz; 10 = 460 Hz; 11 = 920 Hz
SF(1:0)	9:8	慢速滤波 00 = 16x <sup>(1)</sup> ; 01 = 8x; 10 = 4x; 11 = 2x
FTH(2:0)	12:10	快速滤波阀值 000 = 只适用于慢速滤波, 001 = 6 LSBs, 010 = 7 LSBs, 011 = 9 LSBs, 100 = 18 LSBs, 101 = 21 LSBs, 110 = 24 LSBs, 111 = 10 LSBs
WD	13	看门狗 0 = OFF, 1 = ON

**Note(s):**

1. 低功率强制模式(LPM)

## 角度/原始角度寄存器

原始角度寄存器内存储有未缩放的和未修改的角度值。经过缩放的角度值可在角度寄存器中得到。

**Note(s):** 角度寄存器有一个10-LSB的滞后在360度范围内限制以避免不连续的点或在一周内切换输出。

## 状态寄存器

AS5600提供指示当前状态的位。

图表 23:  
状态寄存器

标号	位为高时的状态
MH	AGC最小增益溢出，磁场太强
ML	AGC最大增益溢出，磁场太弱
MD	检测到磁场

## AGC 寄存器

AS5600采用闭环自动增益控制来补偿由于温度变化、IC与磁体之间的气隙变化以及磁体退化而产生的磁场强度的变化

**AGC寄存器显示了增益强度。要想获得最稳定的性能，增益值应在其范围的中心。**可以调整物理系统的气隙值来达到这个值。（译者：就是调整磁铁和芯片的距离）。

在5V模式下，AGC的范围是0-255。在3.3V模式时，AGC的范围减小到0-128。

## MAGNITUDE 寄存器

The MAGNITUDE register indicates the magnitude value of the internal CORDIC.

## 非易失性寄存器 (OTP)

非易失性寄存器是用于存储永久性的编程设置。通过I<sup>2</sup>C 接口进行对非易失性寄存器的操作([Option A](#), [Option C](#))。此外，开始和结束位置可以通过输出引脚进行设置([Option B](#))。此操作可以在5V供电模式或3.3V供电模式下进行，但是在使用最小

**3.3V供电电压时需要一个10 μF的电容在VDD3V3引脚和地之间连接。**这个10 μF的电容只有在编程该模块的时候才需要。

使用两种不同的命令可以对设备进行永久性编程：

### 烧录角度命令(**ZPOS, MPOS**)

主微控制器可以通过角度烧录命令执行永久性编程的 **ZPOS** 和 **MPOS**。通过在寄存器 0xFF 内写入值 0x80 来执行烧录角度命令。烧录角度命令最多可以执行三次。ZMCO 显示了 ZPOS 和 MPOS 被永久性写入了多少次。

只有检测到磁铁存在时才能执行此命令。 (MD = 1).

### 烧录设置命令 (**MANG, CONFIG**)

主微控制器可以通过烧录设置命令来永久地写入 **MANG** 和 **CONFIG**。通过在 0xFF 寄存器写入值 0x40 来执行烧录设置命令。

只有在 ZPOS 和 MPOS 从未被永久性写入时 (ZMCO = 00) 才可对 **MANG** 进行写入。烧录设置命令只能被执行一次。

## 角度设置

对于不使用整个 0~360 度范围的应用来说，可以通过编程设置实际应用的角度范围来提高输出分辨率。在这种情况下，输出分辨率将自动缩放到设置的角度范围。角度范围必须大于 18 度。

角度范围是由编程设置的起始位置 (**ZPOS**) 和结束位置 (**MPOS**) 或角度范围 (**MANG**) 的大小所决定的。

角度设置命令最多可被执行三次。

这里有三种推荐的角度设置方法:

- **Option A:** 通过I<sup>2</sup>C 接口进行角度设置
- **Option B:** 通过输出引脚进行角度设置
- **Option C:** 通过I<sup>2</sup>C接口设置最大角度范围

图表 24:

Option A: 通过I<sup>2</sup>C接口进行角度设置

使用图表 37和图表 38 所展示的正确硬件配置方式。	
Step 1	打开AS5600的电源
Step 2	将磁铁旋转到起始位置。
Step 3	读取原始角度寄存器。 将原始角度值写入 ZPOS寄存器。 等待至少1 ms。
Step 4	依照方向定义引脚所定义的旋转方向旋转磁铁到停止位置 (GND为顺时针方向, VDD为逆时针方向)。旋转的角度必须大于18度。
Step 5	读取原始角度寄存器。 将原始角度写入 MPOS寄存器。 等待至少1 ms.
继续执行Step 6进行永久性编程配置。	
Step 6	执行BURN_ANGLE 对设备进行永久性编程。 等待至少1 ms.
Step 7	核实 BURN_ANGLE 命令: 将命令0x01, 0x11和0x10顺序写入寄存器0xFF用以读出当前OTP的内容。 读取ZPOS和MPOS寄存器去何时BURN_ANGLE是否执行成功。
Step 8	在一个新的电源周期后再次读取和核实ZPOS和MPOS寄存器。

**Note(s):**

1. 在每一个寄存器命令之后，新设置至少在输出1ms后生效。
2. 强烈建议在此过程之后执行功能测试。

**图表 25:**  
**Option B:** 通过输出引脚进行角度设置

按照[图表 37](#) and [图表 38](#)所示的方式正确连接硬件. 在编程设置过程结束之前，PGO引脚连接到GND，OUT引脚通过一个额外的电阻上拉电平。

Step 1	打开AS5600的电源
Step 2	将磁铁的位置旋转到起始位置
Step 3	将OUT引脚连接到GND至少100 ms, 然后让引脚置空
Step 4	依照方向定义引脚所定义的旋转方向旋转磁铁到停止位置 (GND为顺时针方向, VDD为逆时针方向)。旋转的角度必须大于18度。
Step 5	将OUT引脚连接到GND至少100 ms, 然后让引脚置空
Step 6	检查OUT引脚是否一直连接在GND上. 如果一直连接这表明在设置过程中将会产生错误。如果输出引脚上的电压对应于磁体位置，则表明成功执行了该过程。

**Note(s):**

1. 在执行了step 5之后，新设置将会生效。
2. 如果执行了step 3后没有执行step 5，这将不会有永久性设置生效.
3. 强烈建议在此过程后进行功能测试.
4. 这种方式只能执行一次; 起始位置和最大角度位置只能通过I<sup>2</sup>C接口进行重新编程 ([Option A](#)).
5. 只有在检测到磁铁存在时(MD = 1)，才能进行此过程。

**图表 26:**  
**Option C: 通过I<sup>2</sup>C接口设置最大角度值**

按照图表 37 and 图表 38所示的方式正确连接硬件。	
Step 1	接通AS5600的电源。
Step 2	通过I <sup>2</sup> C接口将最大角度值写入MANG寄存器。比如，如果最大角度值为90度，则将0x400写入MANG寄存器。 通过写入CONFIG寄存器配置其他配置设置。 等待至少1 ms.
继续进行Step 3，进行永久性配置设置	
Step 3	执行BURN_SETTINGS命令来进行永久性设置。 等待至少1 ms.
Step 4	核实BURN_SETTINGS命令： 将0x01, 0x11 和 0x10 顺序写入寄存器0xFF，用以读出OTP的当前内容。 读取和核实MANG和CONF寄存器来检查BURN_SETTINGS命令是否执行成功。
继续执行Step 5，永久性的设置一个0位置。如果在此选项中使用了OUT引脚，则PGO引脚必须连接到地。	
Step 5	将磁铁放置到起始位置(0角度).
Step 6	将OUT引脚连接到GND至少100 ms，然后让该引脚悬空. 或者通过I <sup>2</sup> C接口进行设置(Option A). 等待至少1 ms.
Step 7	通过I <sup>2</sup> C接口验证是否设置成功 (Option A)或者检查OUT是否一直连接到GND (Option B).
Step 8	在一个新的电源周期后再次读取和检查永久性设置寄存器。

**Note(s):**

- After each register command, the new configuration is effective at the output at least 1 ms later.
- It is recommended to perform a functional test after this procedure.

### 输出级

在CONF寄存器上的OUTS位是用来选择模拟比率计输出(默认)或数字PWM输出。如果选择了PWM, 那么DAC将会被关闭。

无论选择了哪一种输出方式，外部单元随时都可以通过I<sup>2</sup>C接口从角度寄存器读取角度值。

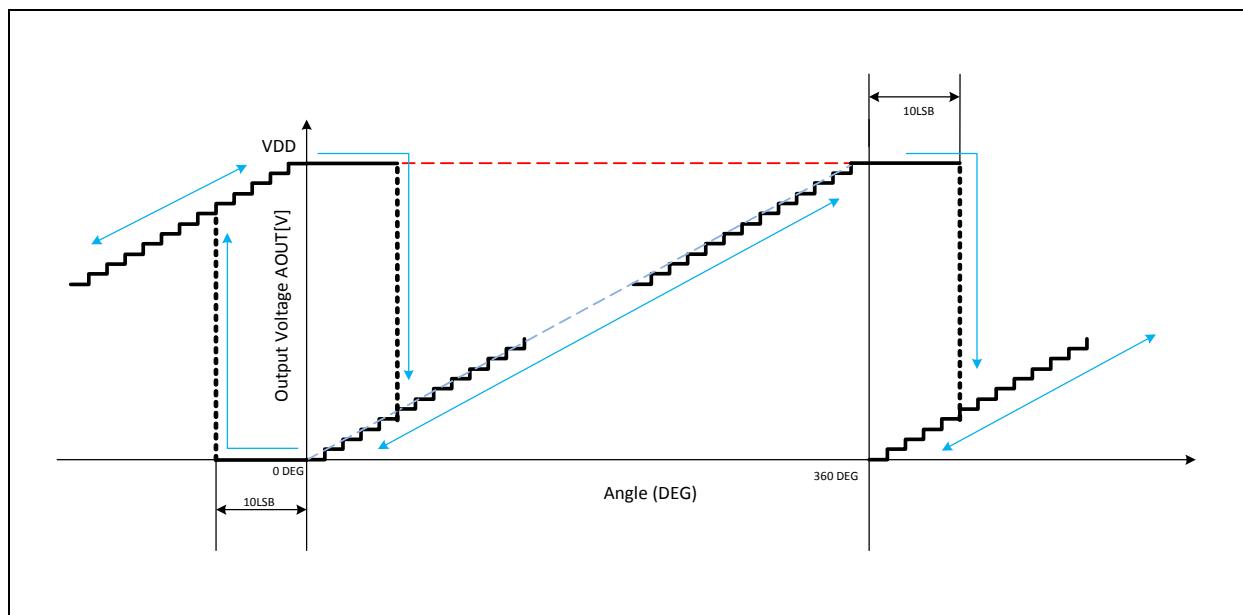
### 模拟输出模式

默认下，AS5600的输出方式默认设置为模拟比率计输出方式。数模转换器(DAC)有着12位的精度。在默认设置下，DAC的最低电压参考值为GND，最高电压参考值为VDD。OUT引脚上的输出电压就是在GND和VDD之间的比率。

最大角度值可以在18度到360度之间任意设置。默认值为360度。

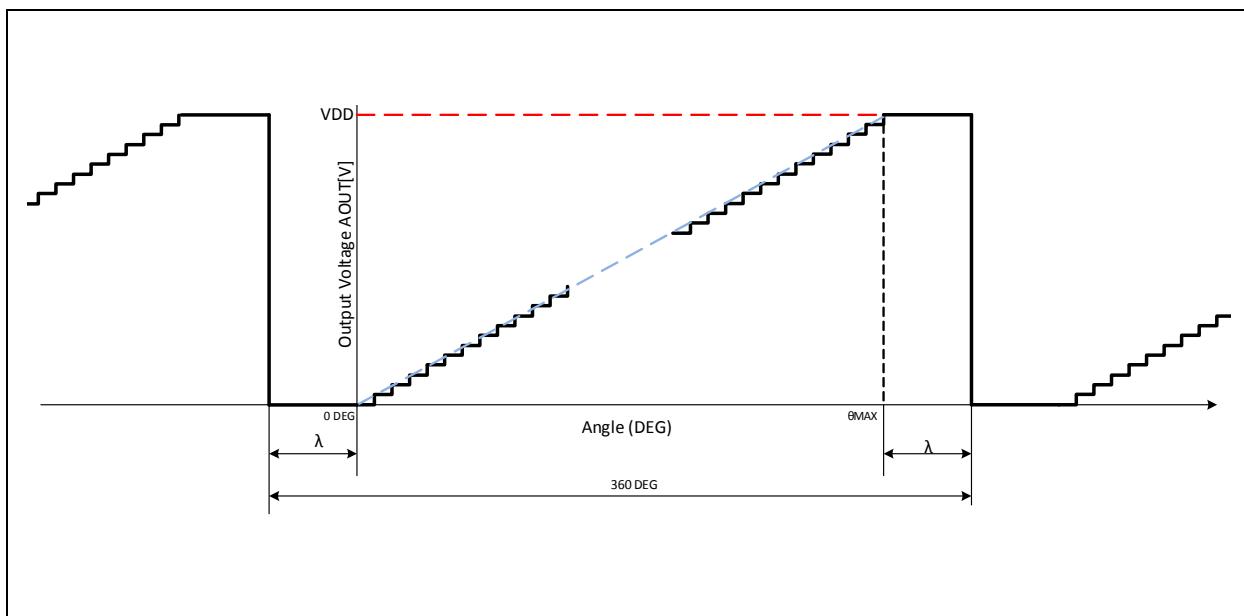
如下所示，如果输出范围是360度，为了避免在限制范围内的不连续的点，使用了一个10 LSB滞后作用。当磁铁接近0度或360度时，这种滞后作用可以抑制OUT引脚的变化。

**图表 27：**  
360° 全回转的输出特性



AS5600支持编程设置0角度和最大角度值。如图表 28 所示，减小最大角度值将不连续点推到边缘，与0和 $\theta_{\max}$  ( $\theta_{\max}$  为最大角度值) 相距 $\lambda$ ,  $\lambda = (360 - \theta_{\max})/2$ 。 (啥玩意儿? ? ? ? )

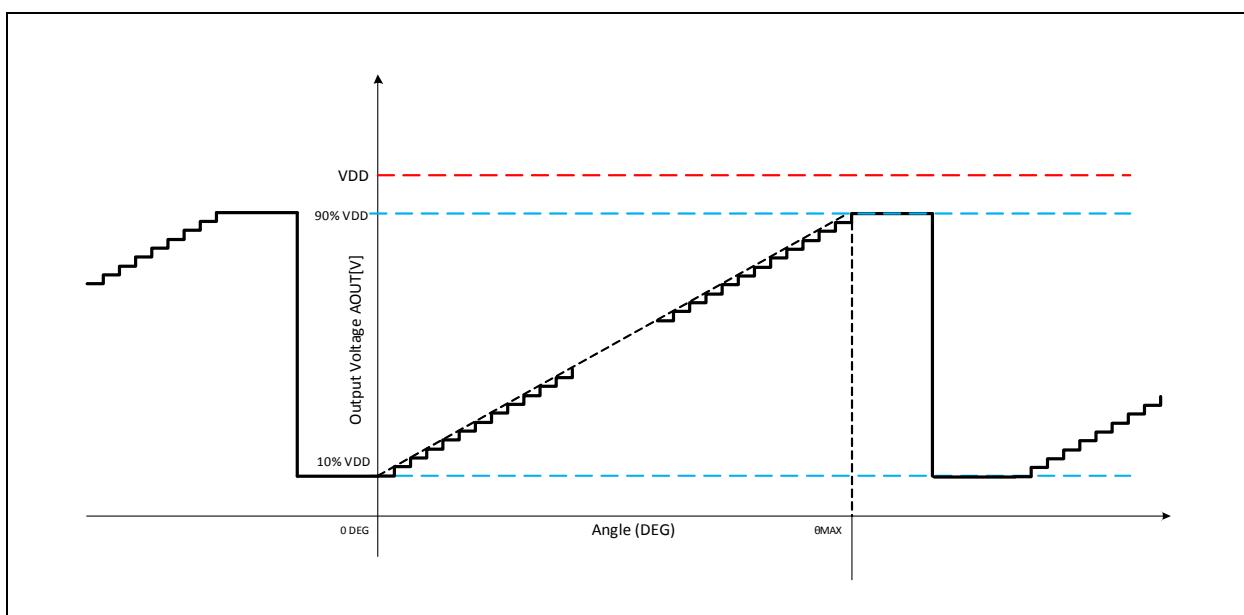
图表 28:  
输出范围小于360°的输出特性



如果最大角度值小于360度，那么DAC的分辨率将会自动降低。如果 $\theta_{\text{max}}$ 是最大角度值，输出信号的步数N为：  
$$N = (\theta_{\text{max}}/360) \times 4096$$

AS5600还具有通过在CONF寄存器上的OUTS位来选择设置输出动态特性。默认设置下(OUTS = 00)，输出可以覆盖整个电压范围(0V to VDD)，但是可以通过编程设置在GND和VDD之间从10%到90%减小范围(OUTS = 01)。

图表 29:  
减小输出值的输出特性(10%-90%)



### PWM 输出模式

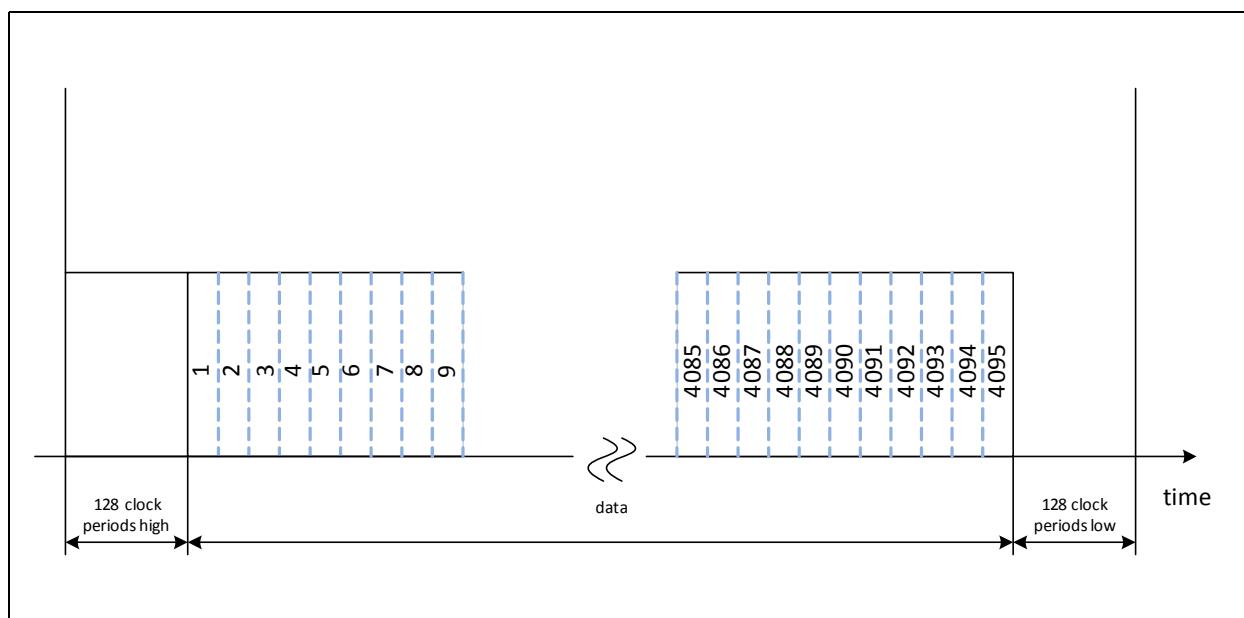
AS5600可以在CONF寄存器的OUTS位上设置PWM编码的数字输出(OUTS = 10)。在该模式下OUT引脚输出一个数字PWM信号。每个脉冲的占空比与磁铁旋转的绝对角度成正比。

PWM信号由4351个PWM时钟周期组成，如图表 30 所示。该 PWM 框架由以下部分组成：

- 128 PWM 高时钟周期
- 4095 PWM 数据时钟周期
- 128 PWM 低时钟周期

角度表示在框架中的数据部分，一个PWM时钟周期代表整个角度范围的 $4096^{\text{th}}$  (什么鬼? ? ?)。PWM的频率可以在CONF寄存器中的PWMF位来设置。

**图表 30：**  
脉冲宽度调制模式的输出特性



128个高时钟周期和4223个低时钟周期表示0角度，同时4223个高时钟周期和128个低时钟周期表示最大角度。

## 阶跃响应和滤波设置

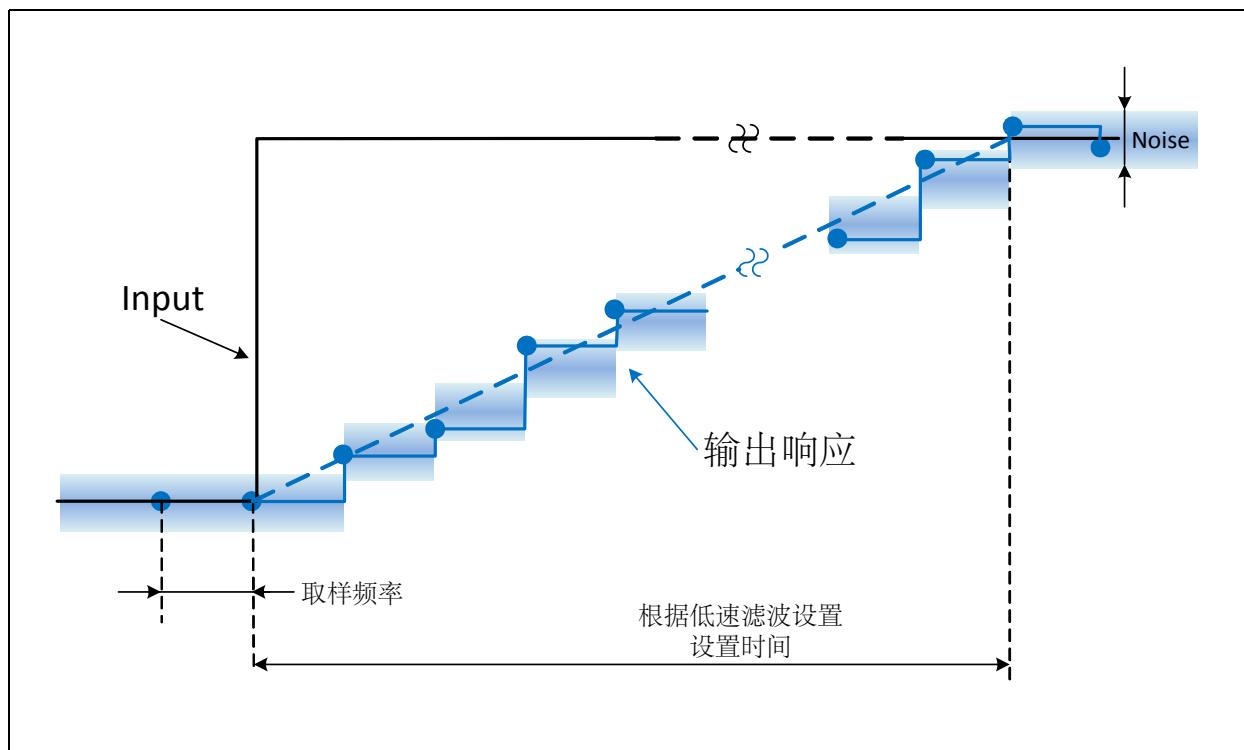
AS5600拥有一个可编程的数字处理滤波器，其可以设置为高速模式或低速模式。可以通过设置CONF寄存器的FTH位来设置快速滤波阈值来使能快速滤波模式。

如果关闭了快速滤波模式，阶跃输出响应将由低速线性滤波控制。低速滤波的阶跃响应可以在CONF寄存器的SF位进行设置。[图表 32](#)展示了不同 SF 位在延时和噪声之前的权衡。

图表 31:  
阶跃响应的 Delay vs. Noise 价值

SF	阶跃响应延迟 (ms)	最大RMS 输出噪声 (1 Sigma) (Degree)
00	2.2	0.015
01	1.1	0.021
10	0.55	0.030
11	0.286	0.043

图表 32:  
阶跃响应 (关闭快速滤波)

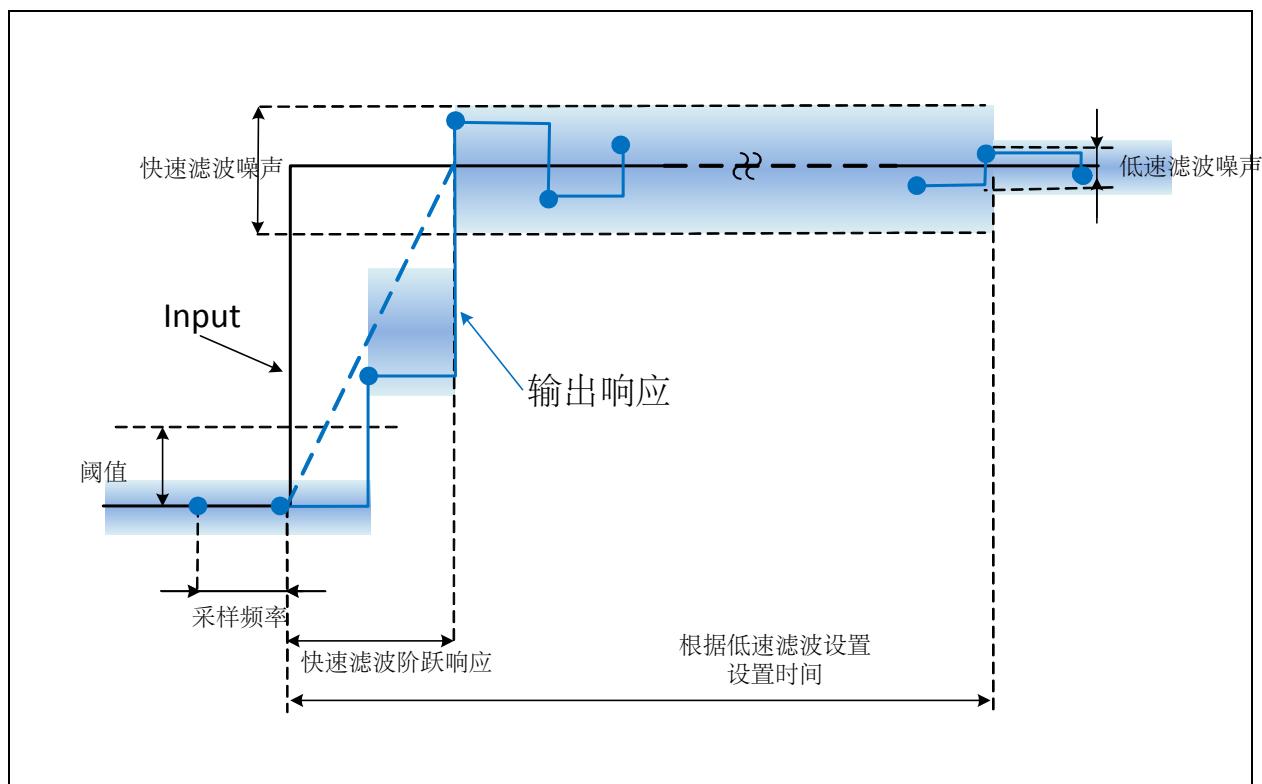


对于快速阶跃响应和沉降后的低噪声，快速滤波可以工作。只有当输入变化告诉快速滤波的阈值时快速滤波器才可以工作，否则输出响应只由低速滤波决定。快速滤波的阈值可以在CONF寄存器的FTH位来设置。如图表34所示，阶跃响应由低速滤波器在两次完整的采样周期后确定的阶跃响应值在误差带内以确定最终值。

图表 33:  
快速滤波阈值

FTH	快速滤波阈值 (LSB)	
	Slow-to-fast filter	Fast-to-slow filter
000	Slow filter only	
001	6	1
010	7	1
011	9	1
100	18	2
101	21	2
110	24	2
111	10	4

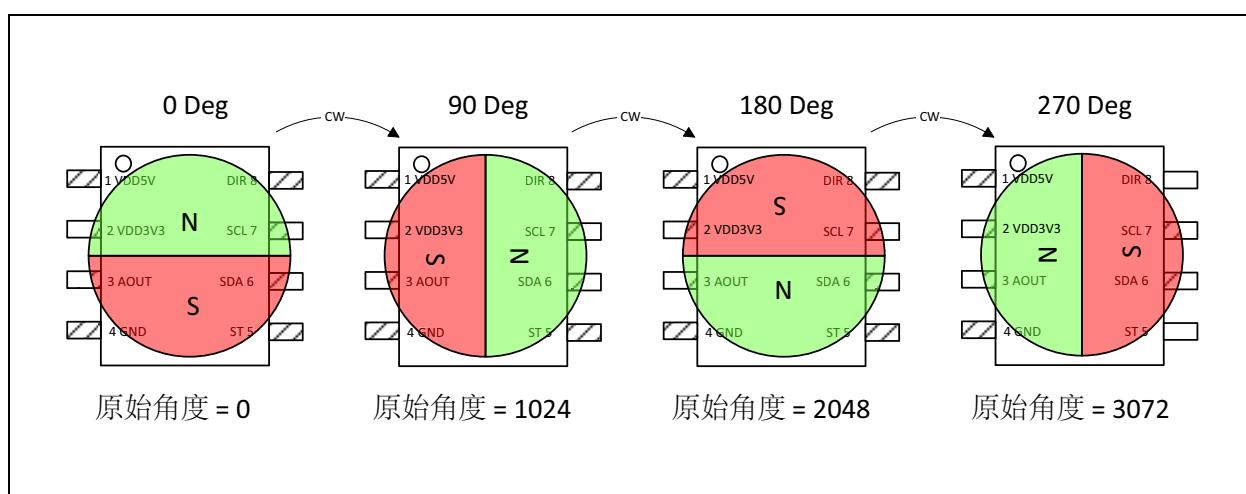
图表 34:  
阶跃响应(开启快速滤波器)



### 方向 (顺时针方向和逆时针方向)

AS5600可以通过DIR引脚控制磁场的旋转方向。如果DIR连接到GND (DIR = 0)，从顶部观察到的顺时针旋转会增加角度值。如果DIR引脚连接到VDD (DIR = 1)逆时针旋转磁场将会使得角度值减小。

图表 35:  
顺时针方向的原始角度



### 滞后作用 (这词明显感觉翻译出现了偏差)

为了避免当磁场不动时输出发生变化，一个12位分辨率的1到3的 LSB滞后机制可以通过CONF寄存器的HYST位来启用。

### 磁场检测

做为安全和诊断的特征，AS5600会显示磁场的确实。如果测量到的磁场强度低于最小制定水平(Bz\_ERROR)，无论是选择了何种输出方式(模拟或PWM)输出将为低，STATUS寄存器的MD位为0

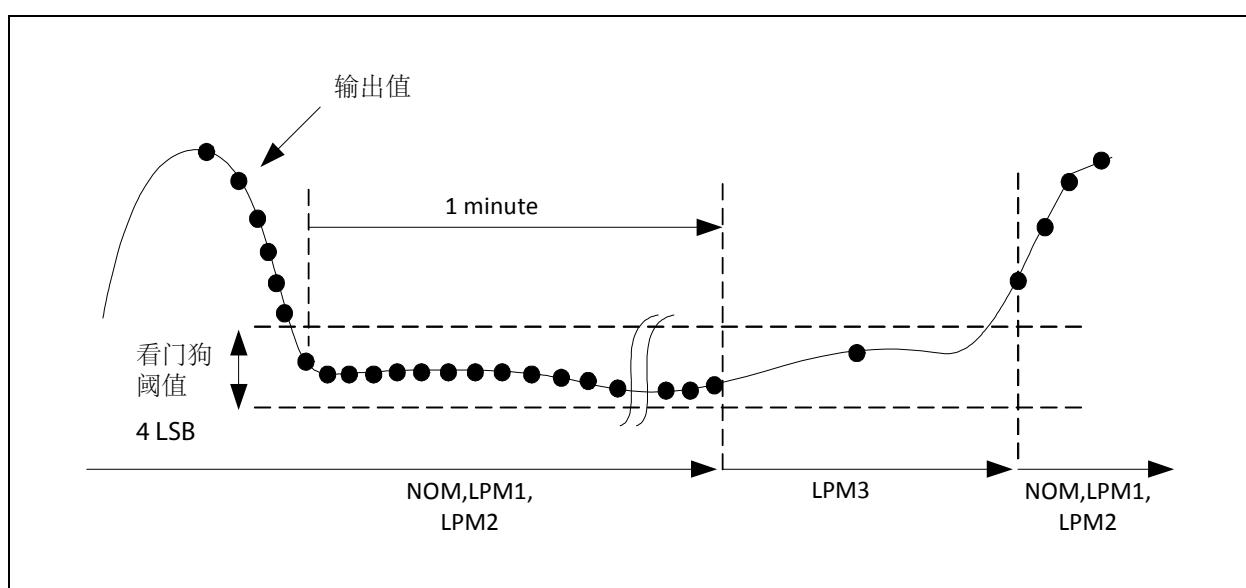
### 低功耗模式

数字状态机器自动管理低功耗模式以降低平均电流消耗。有三种低功耗模式可以选择，它们可以通过CONF寄存器的PM位来设置。电流消耗和轮询时间展示在图表6中。

### 看门狗时钟

如果角度在4 LSB的看门狗阈值内停留了至少一分钟，那么看门狗计时器允许切换到LMP3来节省能源，如图表36所示。看门狗功能可以通过CONF寄存器的WD位来使能。

图表 36:  
看门狗时钟功能

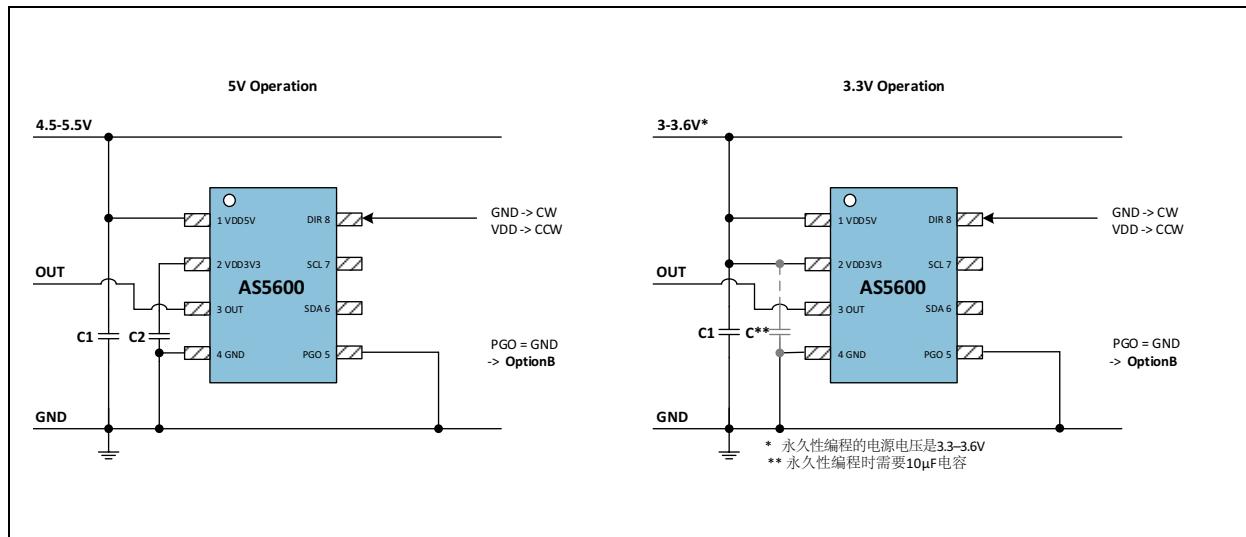


## 应用信息

### 电路原理图

所有所需要的外部组件都如下参考使用图所示。为了提高 EMC 和远程应用，请考虑增加保护电路。

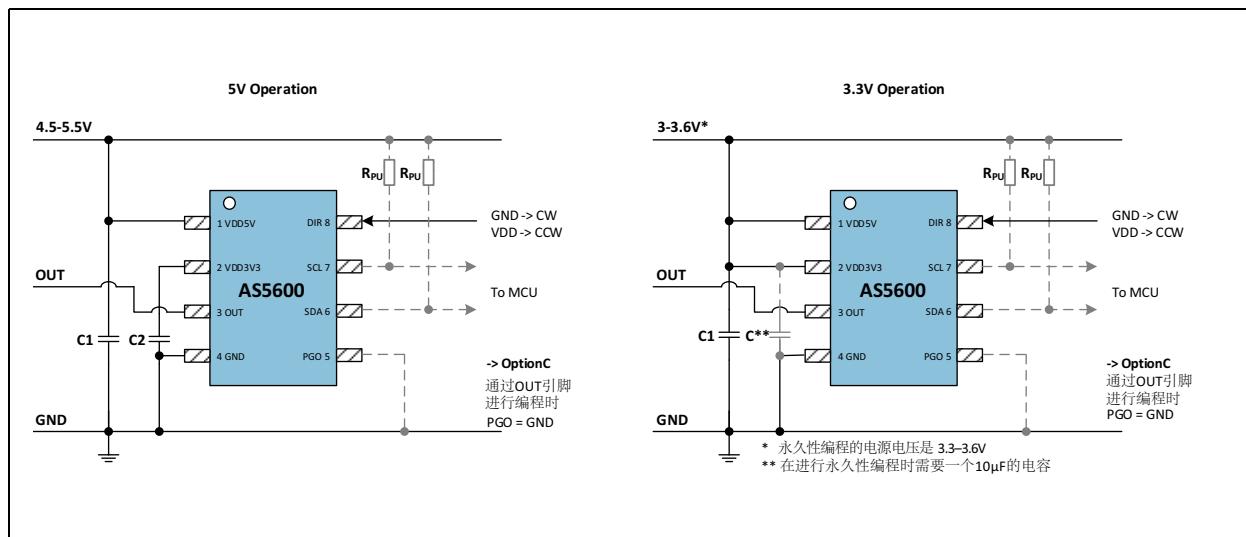
**图表 37:**  
通过OUT引脚读出角度值和编程的应用图(**Option B**)



**Note(s):**

- 在通过 OUT 引脚进行编程的时候，输出引脚是由内部上拉电阻驱动的。在编程过程中不要连接额外的负载。

**图表 38:**  
通过 I<sup>2</sup>C 进行编程和读取角度值的应用图(**Option A and Option C**)



**图表 39:**  
推荐的外部元件

元件	标号	值	单位	Notes
VDD5V缓冲电容	C1	100	nF	20%
LDO 调节电容	C2	1	μF	20%; < 100 mΩ; 低 ESR瓷片电容
可选择的I <sup>2</sup> C总线上拉电阻	RPU	4.7	KΩ	RPU参数参照UM10204

**Note(s):**

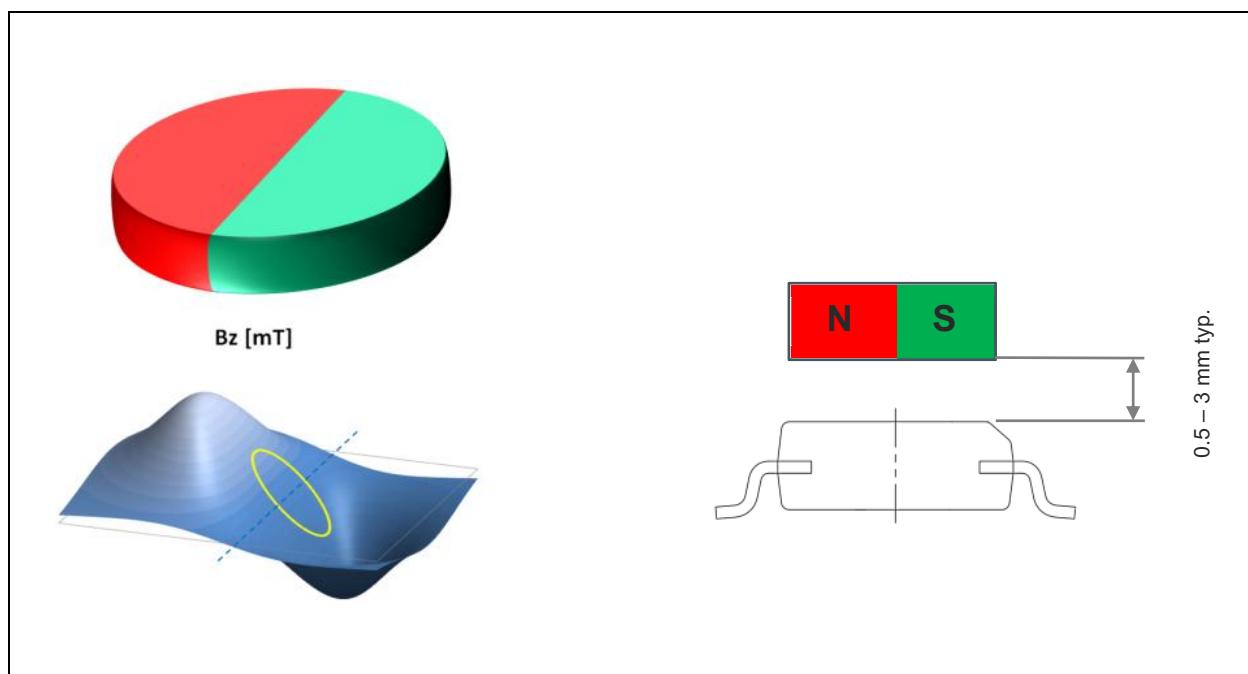
- 所给定的参数特性只有在规定的操作温度和产品寿命内才得到满足

**磁场要求**

AS5600要求磁场的Bz分量垂直于芯片上的敏感区域。

沿着霍尔原件的圆周方向，磁场的Bz分量为正弦型。BZ沿圆半径的磁场梯度应在磁体的线性范围内，以微分测量原理消除位移误差。

**图表 40:**  
磁场的 Bz and 典型气隙

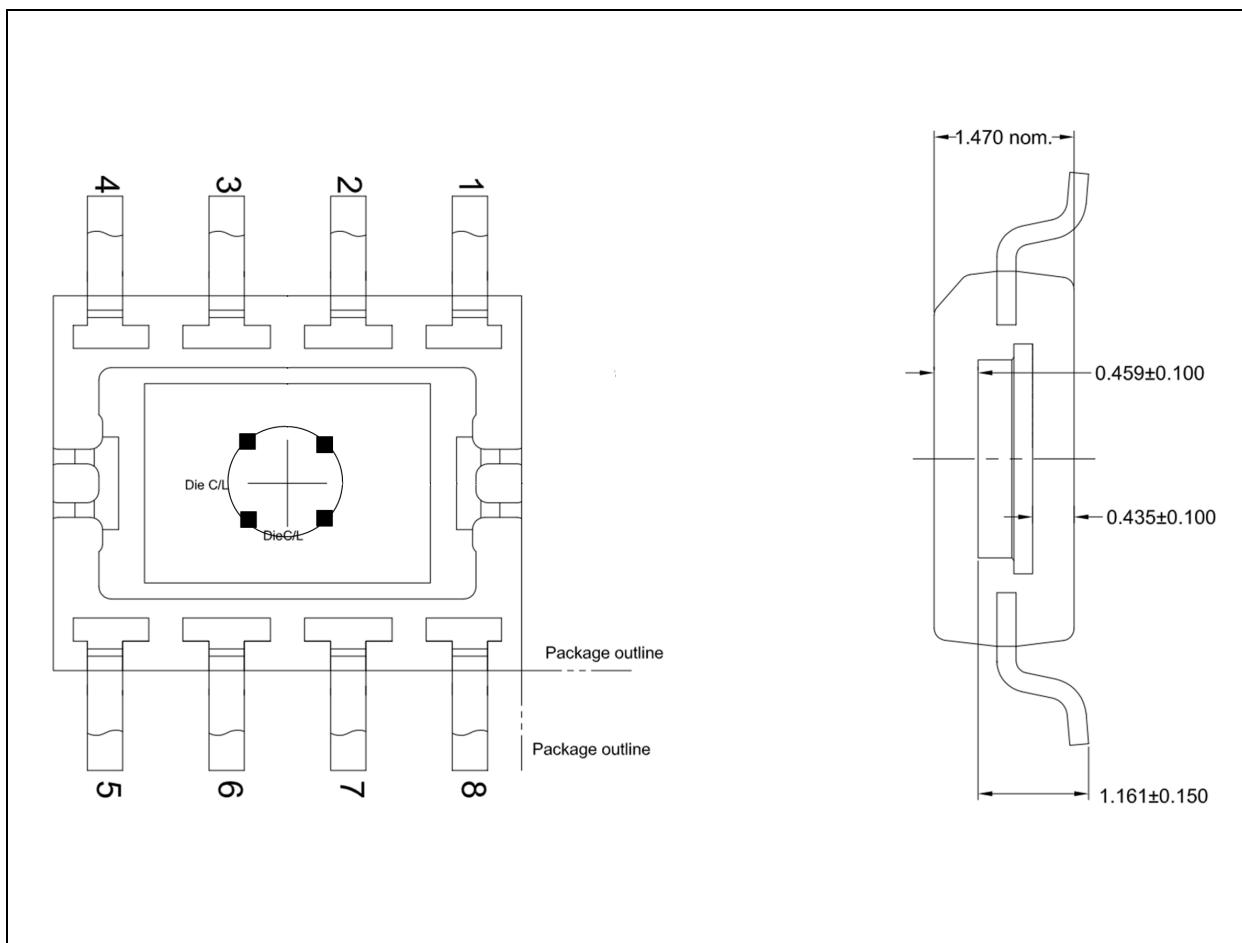


气隙的典型值为0.5 mm 到 3 mm之间，其取决于所选择的磁场。一个更大的和更强的磁场允许有更大的气隙。以AGC值为指导，通过调整磁铁与AS 5600之间的距离，使AGC值处于其范围的中心，找到最佳气隙。当使用直径为6mm的磁铁时，参考磁体的旋转轴从封装中心的最大允许位移为0.25 mm。

## 机械参数

内部的霍尔元件被放置在器件的中心上一个半径为1 mm的圆内。

图表 41:  
霍尔元件位置

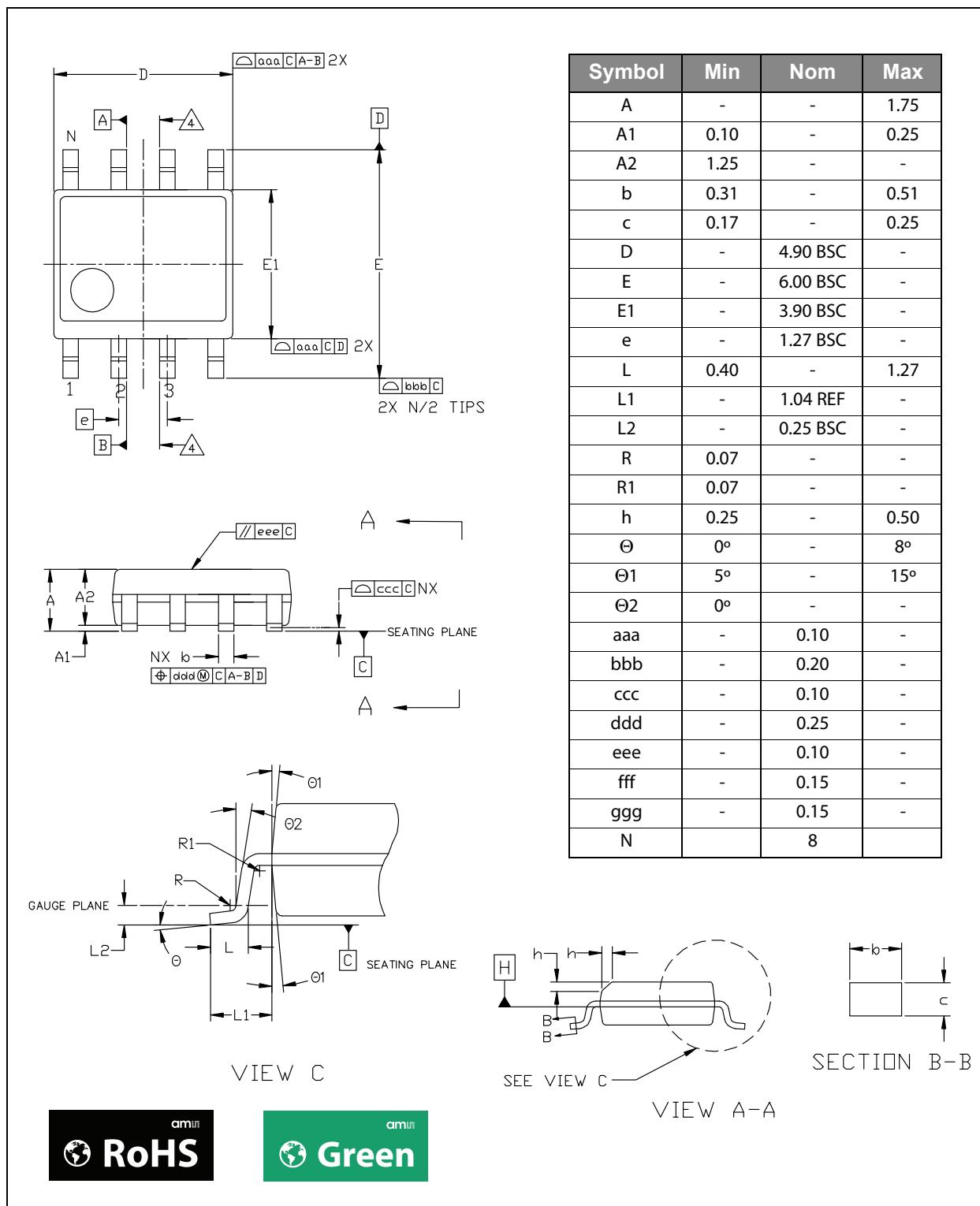


**Note(s):**

- 所有尺寸均为 mm。
- 模具厚度为 356 $\mu$ m。

## 封装图 & 外观

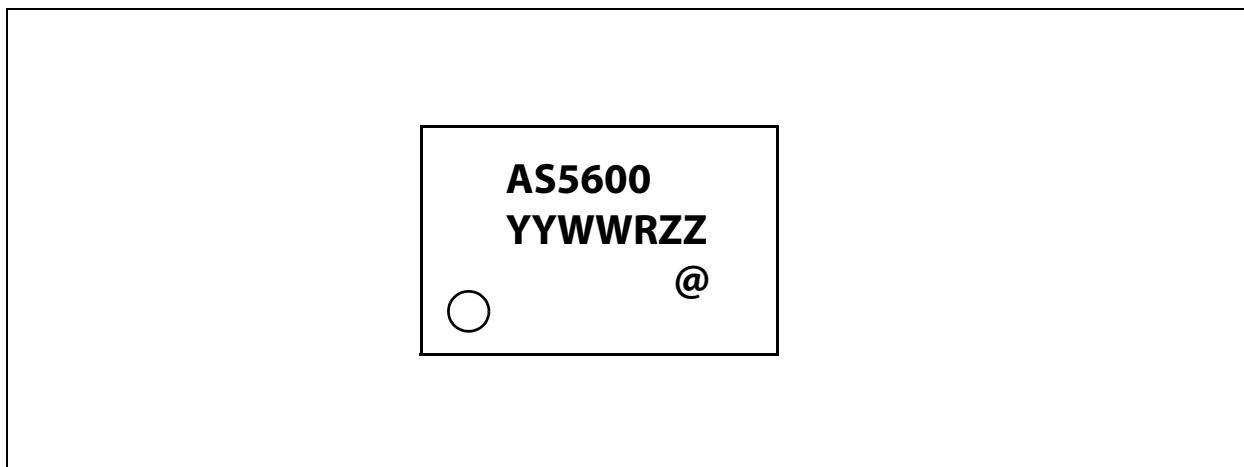
图表 42:  
SOIC8 封装图



### Note(s):

- 尺寸 & 误差符合 ASME Y14.5M-1994.
- 所有尺寸单位均为毫米，角度单位均为度。
- N 为全部的终端数。
- 材料A & B 由材料H确定。

图表 43:  
产品外观



图表 44:  
外观代码

YY	WW	R	ZZ	@
制造年份的最后两位数	生产周次	产品标识符	自由选择/查询 代码	小标识符

## 订购 & 联系方式

**Figure 45:**  
采购信息

产品型号	封装	标号	运输方式	包装数量
AS5600-ASOT	SOIC-8	AS5600	13" Tape&Reel in dry pack	2500 pcs
AS5600-ASOM	SOIC-8	AS5600	7" Tape&Reel in dry pack	500 pcs

在线购买我们的产品或获取免费样品:

[www.ams.com/ICdirect](http://www.ams.com/ICdirect)

技术支持:

[www.ams.com/Technical-Support](http://www.ams.com/Technical-Support)

提供关于本文档的反馈:

[www.ams.com/Document-Feedback](http://www.ams.com/Document-Feedback)

如需进一步的资料以及需求, 请电邮至:

[ams\\_sales@ams.com](mailto:ams_sales@ams.com)

关于销售处, 分销商以及代表, 请浏览: [www.ams.com/contact](http://www.ams.com/contact)

### 总部

ams AG

Tobelbader Strasse 30

8141 Premstaetten

Austria, Europe

Tel: +43 (0) 3136 500 0

网址: [www.ams.com](http://www.ams.com)

## 符合RoHS & ams Green 声明

**RoHS:** 符合RoHS标准是指AMS AG产品完全符合目前的rohs目录。我们的半导体产品不包含所有6种物质类别的任何化学品，包括在均匀材料中铅含量不超过0.1%的要求。在设计用于高温焊接的情况下，rohs兼容产品适合用于指定的无铅工艺。

**ams Green (RoHS compliant and no Sb/Br):** AMS绿色定义，除了遵守RoHS，我们的产品是不含溴(Br)和锑(SB)基阻燃剂(Br或SB不超过0.1%重量的均相材料)。

**重要信息:**本声明中提供的信息代表AMS AG在提供信息之日的知识和信念。AMS AG基于第三方提供的信息，对这些信息的准确性没有任何表示或保证。目前正在努力更好地整合来自第三方的信息。AMS AG已经并将继续采取合理步骤提供代表和支持。准确的信息，但可能没有对来料和化学品进行破坏性测试或化学分析。AMS AG和AMS AG供应商认为某些信息是专有的，因此CA号码和其他有限的信息可能无法发布。

## 版权 & 免责声明

版权归AMS AG, tobelbader Strass 30, 8141 premstaetten, 奥地利-europe. 商标注册。所有权利保留。未经版权所有人事先书面同意，不得复制、改编、合并、翻译、存储或使用。

AMS AG销售的设备受其一般交易条款中的保证和专利补偿条款的保护。AMS AG不作任何明确、明示、法定、默示或对上述信息的描述。AMS AG保留随时更改规格和价格的权利。因此，在将该产品设计成一个系统之前，有必要与AMS进行检查。本产品适用于商业应用，需要更大的温度范围，特殊的环境要求，或高可靠性的应用，如军事、医疗、生命支持或维持生命设备，在每个应用程序不经过ams ag额外处理的情况下，是不推荐的。

对于任何损害，包括(但不限于)人身伤害、财产损害、利润损失、使用损失、业务中断或间接、特殊、附带或间接损害，与提供、履行或使用上述技术数据有关或产生的损害，AMS AG不应对接收方或第三方承担任何损害赔偿责任。应产生或流出AMS提供的技术或其他服务。

## Document Status

Document Status	Product Status	Definition
Product Preview	Pre-Development	Information in this datasheet is based on product ideas in the planning phase of development. All specifications are design goals without any warranty and are subject to change without notice
Preliminary Datasheet	Pre-Production	Information in this datasheet is based on products in the design, validation or qualification phase of development. The performance and parameters shown in this document are preliminary without any warranty and are subject to change without notice
Datasheet	Production	Information in this datasheet is based on products in ramp-up to full production or full production which conform to specifications in accordance with the terms of ams AG standard warranty as given in the General Terms of Trade
Datasheet (discontinued)	Discontinued	Information in this datasheet is based on products which conform to specifications in accordance with the terms of ams AG standard warranty as given in the General Terms of Trade, but these products have been superseded and should not be used for new designs

## 修订信息

从 1-03 (2016-Apr-22) 版本修正到当前1-04 (2016-Sep-09)版本	Page
更新 ANGLE/R raw ANGLE 寄存器	19

**Note(s):**

1. 上一版本的页码和图形号可能与当前版本中的页号和图形号不同。
2. 没有明确提到排印错误的更正。

## 目录

<b>1</b>	<b>概述</b>
1	主要益处和特性
2	应用
2	结构图
<b>3</b>	<b>引脚说明</b>
<b>4</b>	<b>绝对最大额定值</b>
<b>5</b>	<b>电气特性</b>
5	操作环境
6	数字输入和输出
6	模拟输出
7	PWM 输出
<b>7</b>	<b>时序特性</b>
<b>8</b>	<b>磁特性</b>
<b>8</b>	<b>系统特性</b>
<b>9</b>	<b>详细说明</b>
9	IC电源管理
10	I <sup>2</sup> C 接口
10	支持的模式
10	I <sup>2</sup> C 接口操作
11	I <sup>2</sup> C 电气规格
12	I <sup>2</sup> C 时序
13	I <sup>2</sup> C 模式
13	无效地址
13	读操作
13	角度, 原始角度和幅度寄存器 地址指针的自动增量
13	写操作
13	支持的总线协议
15	AS5600 从机模式
15	从机接收模式(写模式)
16	从机发送模式(读模式)
17	SDA 和 SCL 输入滤波器
18	寄存器描述
19	ZPOS/MPOS/MANG 寄存器
19	CONF 寄存器
19	角度/原始角度寄存器
20	状态寄存器
20	AGC 寄存器
20	MAGNITUDE 寄存器
20	非易失性存储(OTP)
20	Burn_Angle 命令(ZPOS, MPOS)
21	Burn_Setting 命令(MANG, CONFIG)
21	角度编程设置
24	输出级
25	模拟输出模式
27	PWM 输出摸死你hi
28	阶跃响应和滤波器设置
30	方向(顺时针vs.逆时针)
31	迟滞作用
31	磁场检测

- 31 低功耗模式
- 31 看门狗时钟
  
- 32 应用信息**
- 32 电路原理图
- 33 磁场要求
- 34 机械数据
  
- 35 封装图 & 外观**
- 37 订购 & 联系方式**
- 38 符合RoHS & ams Green 声明**
- 39 版权 & 免责声明**
- 40 文档状态**
- 41 修订信息**