

产品 文件

翻译说明：由于非团队翻译，个人时间有限，可能无法做到完全正确，或排版有问题等细节问题，如不严重影响阅读，无需反馈，如有不了解之处，请以英文原文档为准。

当前翻译版本号：1.0版（首次发布）

发布时间：2024/8/20

翻译反馈邮箱：yzmyly@qq.com

AS5600

12 位可编程非接触电位器

一般说明

AS5600 是一种易于编程的磁旋转位置传感器，具有高分辨率 12 位模拟或 PWM 输出。这种非接触式系统可测量直径磁化轴上磁铁的绝对角度。AS5600 专为非接触式电位器应用而设计，其坚固的设计消除了任何同质外部杂散磁场的影响。

行业标准 I²C 接口支持用户对非易失性参数进行简单编程，无需专用编程器。

默认输出范围为 0 至 360 度。

也可以通过设置零角度（起始位置）和最大角度（停止位置）来定义更小的输出范围。

AS5600 还配备了智能低功耗模式功能，可自动降低功耗。

输入引脚 (DIR) 用于选择与旋转方向有关的输出极性。如果 DIR 接地，则输出值随顺时针旋转而增加。如果 DIR 连接至 VDD，则输出值随逆时针旋转而增加。

[订购信息和内容指南见数据表末尾。](#)

主要优点和功能

AS5600 12 位可编程非接触式电位器的优点和功能如下：

图 1：
使用 AS5600 的附加值

益处	特点
<ul style="list-style-type: none"> 最高的可靠性和耐用性 	<ul style="list-style-type: none"> 非接触式角度测量
<ul style="list-style-type: none"> 简单编程 	<ul style="list-style-type: none"> 用户可通过 I²C 接口对启动和停止位置进行简单编程
<ul style="list-style-type: none"> 角度偏移灵活性大 	<ul style="list-style-type: none"> 可编程的最大角度从 18° 到 360° 不等
<ul style="list-style-type: none"> 高分辨率输出信号 	<ul style="list-style-type: none"> 12 位 DAC 输出分辨率
<ul style="list-style-type: none"> 可选输出 	<ul style="list-style-type: none"> 模拟输出与 VDD 的比率或 PWM 编码数字输出

益处	特点
• 低功耗	• 自动进入低功耗模式
• 轻松设置	• 自动磁铁检测
• 外形小巧	• SOIC-8 封装
• 强大的环境耐受性	• 宽温度范围：-40°C 至 125°C

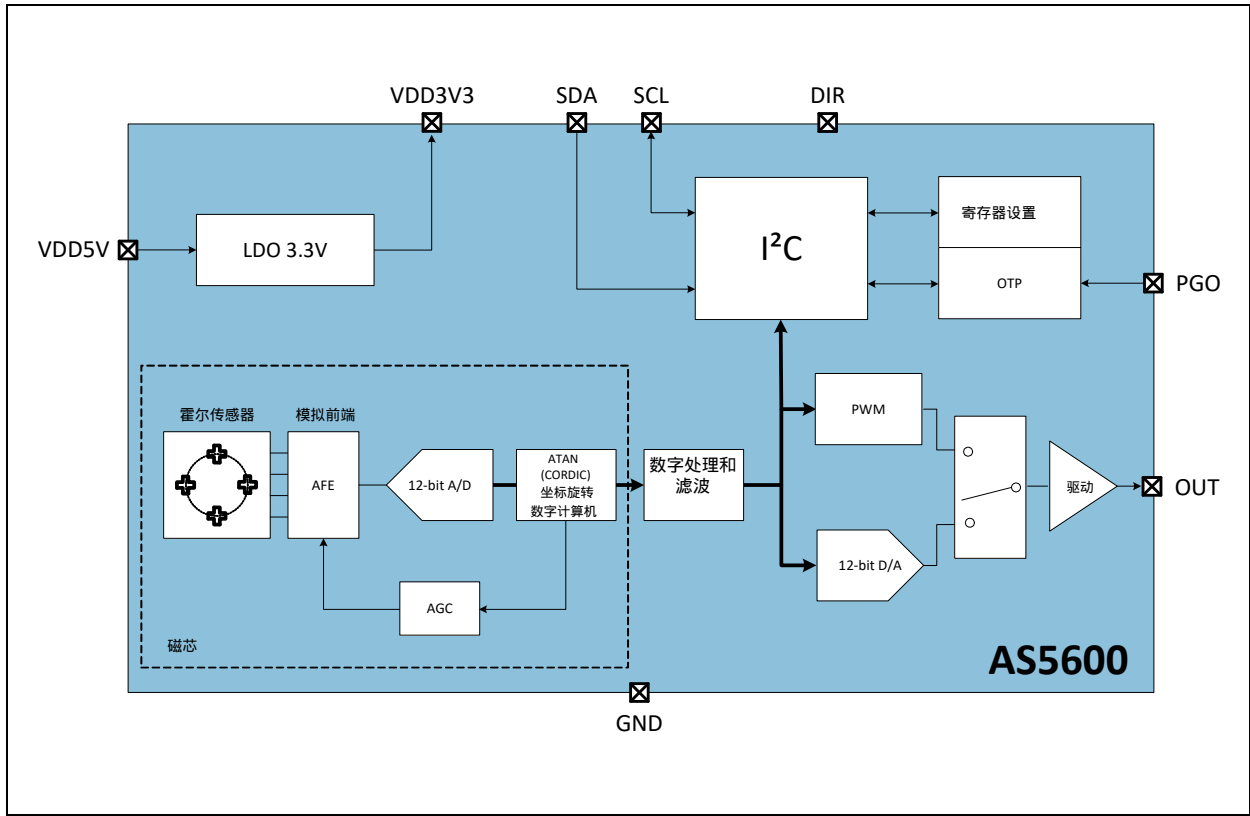
应用

AS5600 非常适合非接触式电位器、非接触式旋钮、踏板、遥控舵机和其他角位置测量解决方案。

方框图

该设备的功能模块如下所示：

图 2：
AS5600 的功能模块



引脚分配

图 3 :
SOIC-8 引脚布局

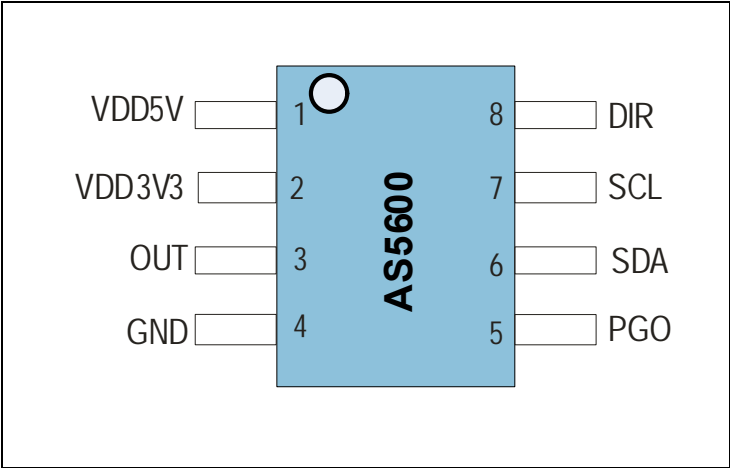


图 4 :
引脚说明

引脚编号	名称	类型	说明
1	VDD5V	供电	5V 模式下的正电压电源（需要 100nF 去耦电容器）
2	VDD3V3	供电	3.3V 模式下为正电压供电（5V 模式下需要外接 1-μF 去耦电容器）
3	OUT	模拟/数字输出	模拟/PWM 输出
4	GND	供电	地
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 ² C 数据（考虑外部上拉）
7	SCL	数字输入	I ² C 时钟（考虑外部上拉）
8	DIR	数字输入	方向极性（GND = 数值顺时针增加，VDD = 数值逆时针增加）

绝对最大额定值

超过绝对最大额定值的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些仅为应力额定值。并不意味着设备在这些条件下或超出“工作条件”中所列条件的任何其他条件下都能正常工作。长期暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。

图 5 :
绝对最大额定值

符号	参数	最小	最大	单位	评论
电气参数					
VDD5V	VDD5V 引脚的直流电源电压	-0.3	6.1	V	
VDD3V3	VDD3V3 引脚的直流电源电压	-0.3	4.0	V	
VIO	所有数字或模拟引脚的直流电源电压	-0.3	VDD+0.3	V	
I _{SCR}	输入电流（锁存抗扰度）	-100	100	mA	JESD78
连续功率耗散（TA = 70°C）					
P _T	持续功率耗散		50	mW	
静电放电					
ESD _{HBM}	静电放电 HBM	±1		kV	MIL 883 E 方法 3015.7
温度范围和储存条件					
T _{STRG}	存储温度范围	-55	125	°C	
T _{BODY}	焊接温度		260	°C	IPC/JEDEC J-STD-020 回流焊峰值温度（本体温度）根据 IPC/JEDEC -STD-020 “非恒温固态表面贴装器件的湿度/回流敏感度分类”规定。非恒温固态表面贴装器件的湿度/回流敏感性分类"进行规定。无铅封装的引线表面处理为“亚光锡”（100% 锡）
RH _{NC}	相对湿度（无冷凝）	5	85	%	
MSL	湿度灵敏度级别	3			ICP/JEDEC J-STD-033

电气特性

所有限值均有保证。通过生产测试或 SQC（统计质量控制）方法保证参数的最小值和最大值。

运行条件

图 6：
系统电气特性和温度范围

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
VDD5V	5.0V 模式下的正电源电压	5.0V 运行模式	4.5	5.0	5.5	V
		在 OTP 烧录过程中 ⁽²⁾				
VDD3V3	3.3V 模式下的正电源电压	3.3V 运行模式	3.0	3.3	3.6	V
		在 OTP 烧录过程中 ⁽²⁾	3.25	3.3	3.35	V
IDD	以 NOM 为单位的供电电流 ⁽¹⁾	PM = 00 始终开启			6.5	mA
IDD_LPM1	LPM1 的供电电流 ⁽¹⁾	PM = 01 轮询时间 = 5ms			3.4	mA
IDD_LPM2	LPM2 的供电电流 ⁽¹⁾	PM = 10 轮询时间 = 20ms			1.8	mA
IDD_LPM3	LPM3 的供电电流 ⁽¹⁾	PM = 11 轮询时间 = 100ms			1.5	mA
IDD_BURN	烧录过程中每个位的供电电流	初始峰值, 1 μ s			100	mA
		稳定烧录, <30 μ s			40	mA
T _A	工作温度		-40		125	°C
T _P	编程温度		20		30	°C

备注

1. 典型磁场 (60mT) 不包括外部负载电流和轮询时间公差。
2. 对于 OTP 烧录程序, 电源线源电阻不应超过 1 欧姆。

数字输入和输出

图 7 :
数字输入和输出特性

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
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	泄漏电流				± 1	μA

模拟输出

图 8 :
模拟输出特性

符号	参数	参数	最小	典型	最大	单位
INL_DAC	DAC 整体非线性电气规格				± 5	LSB
DNL_DAC	DAC 差分非线性电气规格				± 1	LSB
ROUT_FD	输出电阻负载	0 至 VDD 输出	100			k Ω
ROUT_PD	输出电阻负载	10% 至 90% 输出	10			k Ω
COUT	输出电容负载				1	nF

PWM 输出

图 9 :
PWM 输出特性

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
PWMf1	PWM 频率 ⁽¹⁾	PWMF = 00		115		Hz
PWMf2	PWM 频率 ⁽¹⁾	PWMF = 01		230		Hz
PWMf3	PWM 频率 ⁽¹⁾	PWMF = 10		460		Hz
PWMf4	PWM 频率 ⁽¹⁾	PWMF = 11		920		Hz
PWM_DC	PWM 占空比		2.9		97.1	%
PWM_SR	PWM 转换速率	Cload = 1nF	0.5		2	V/μs
I_O	PWM 输出的输出电流		±0.5			mA
C_L	PWM 输出的电容性负载				1	nF

备注

频率为典型值，误差为 ±5

计时特性

图 10 :
时间条件

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
T_DETWD	看门狗检测时间 ⁽¹⁾	WD = 1		1		分钟
T_PU	开机时间				10	ms
F_S	采样率				150	μs
T_SETTL1	稳定时间	SF = 00			2.2	ms
T_SETTL2	稳定时间	SF = 01			1.1	ms
T_SETTL3	稳定时间	SF = 10			0.55	ms
T_SETTL4	稳定时间	SF = 11			0.286	ms

备注

给出的是典型值，误差为 ±5

磁性特征

图 11 :
磁性特征

符号	参数	条件	最小	最大	单位
Bz	正交磁场强度、常规输出噪声 ON_SLOW 和 ON_FAST	在模具表面沿 1 毫米圆周测得的磁场强度的正交分量要求	30	90	mT
Bz_ERROR	所需的最小正交磁场强度、磁铁检测水平			8	mT

系统特性

图 12 :
系统规格

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
RES	分辨率			12		bit
INL_BL	System INL	与最佳拟合线的偏差；360° 最大角度，无磁铁位移，无零编程（PWM、I ² C）			±1	度
ON_SLOW	RMS output noise (1 sigma)	2.2 毫秒后指定范围 (Bz) 内磁场的正交分量；SF = 00			0.015	度
ON_FAST	RMS output noise (1 sigma)	指定范围 (Bz) 内磁场的正交分量，286 μs 后, SF=11			0.043	度

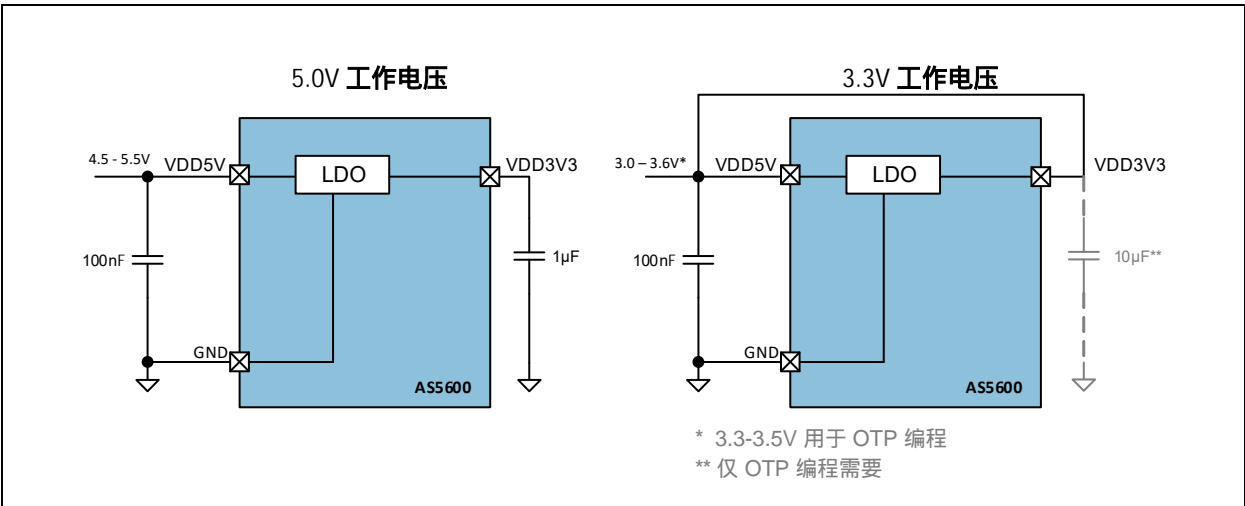
详细说明

AS5600 是一种霍尔式旋转磁场位置传感器，使用平面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首先要经过放大和滤波，然后再由模数转换器（ADC）进行转换。ADC 的输出由硬连线 CORDIC 模块（坐标旋转数字计算机）处理，以计算磁场矢量的角度和幅度。自动增益控制 (AGC) 利用磁场强度来调整放大级别，以补偿温度和磁场的变化。输出级使用 CORDIC 算法提供的角度值。用户可以选择模拟输出或 PWM 编码数字输出。前者提供输出电压，以比率线性绝对值表示角度。后者提供数字输出，将角度表示为脉冲宽度。AS5600 通过工业标准 I²C 接口进行编程，以写入片上非易失性存储器。该接口可用于编程零角度（起始位置）和最大角度（停止位置），将输出的全分辨率映射到整个 0 至 360 度范围的一个子集。

集成电路电源管理

AS5600 可使用片上 LDO 稳压器从 5.0V 电源供电，也可直接从 3.3V 电源供电。内部 LDO 不用于为其他外部 IC 供电，需要一个 1 μ F 的电容器接地，如图 13 所示。在 3.3V 工作模式下，VDD5V 和 VDD3V3 引脚必须绑在一起。VDD 是 VDD5V 引脚上的电压电平。

图 13 :
5.0V 和 3.3V 电源选项



I²C 接口

AS5600 在设备模式下支持双线快速模式 Plus I²C 从属协议，符合恩智浦半导体（前飞利浦半导体）的 UM10204 规范。

向总线发送数据的设备是发送器，接收数据的设备是接收器。控制信息的设备称为主设备。

受主设备控制的设备称为从设备。

主设备产生串行时钟（SCL），控制总线访问，并产生控制总线的启动和停止条件。

AS5600 在 I²C 总线上始终作为从站运行。通过开漏 I/O 线 SDA 和输入 SCL 与总线连接。

不包括拉伸时钟。

主机 MCU（主控单元）启动数据传输。

AS5600 的 7 位从站地址为 0x36（二进制 0110110）。

支持的模式

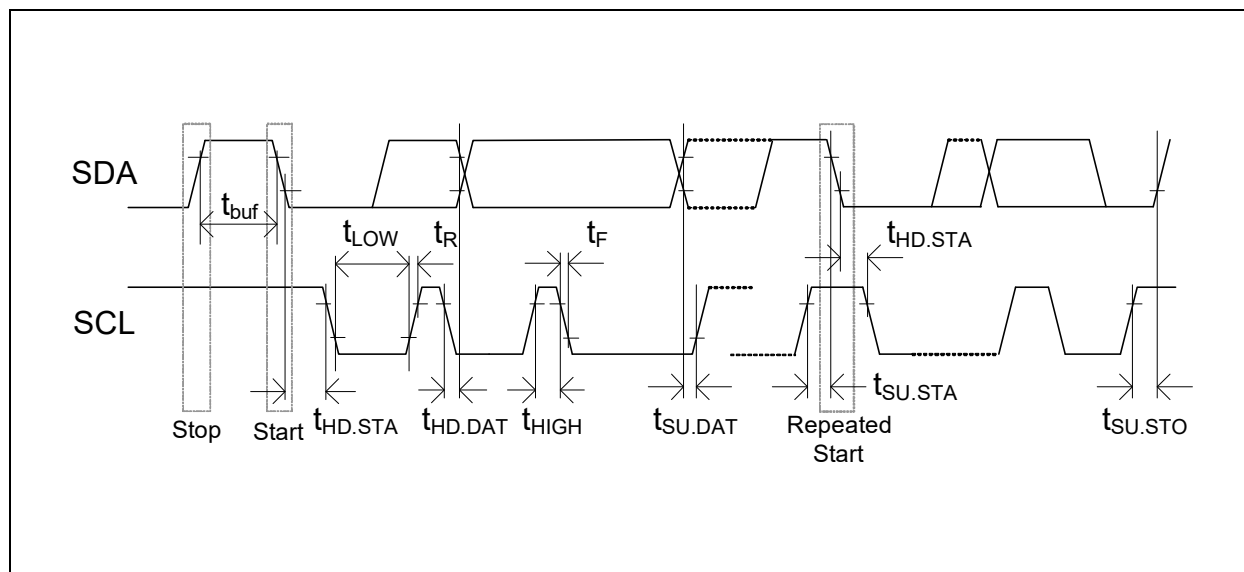
- 随机/顺序读取
- 字节/页写入
- 自动增量（ANGLE (角度)寄存器）
- 标准模式
- 快速模式
- 快速模式加

SDA 信号是双向数据线。

SCL 信号是 I²C 总线主站生成的时钟，用于同步 SDA 的采样数据。最大 SCL 频率为 1 MHz。
数据在 SCL 上升沿采样。

I²C 接口操作

图 14：
I²C 时序图



I²C 电气规格**图 15 :**
I²C 电气规格

符号	参数	条件	最小	典型	最大	Unit
V _{IL}	逻辑低输入电压		-0.3		0.3 x V _{DD}	V
V _{IH}	逻辑高输入电压		0.7 x V _{DD}		V _{DD} + 0.3	V
V _{HYS}	施密特触发器输入的迟滞	V _{DD} > 2.5V	0.05 x V _{DD}			V
V _{OL}	逻辑低输出电压 3 mA 灌电流时的开漏或集电极 开路输出电压	V _{DD} > 2.5V			0.4	V
I _{OL}	逻辑低电平输出电流	V _{OL} = 0.4V	20			mA
t _{OF}	从 V _{IHmax} 到 V _{ILmax} 的输出 下降时间		10		120 ⁽¹⁾	ns
t _{SP}	输入滤波器必须抑制的尖峰脉 冲宽度				50 ⁽²⁾	ns
I _I	每个 I/O 引脚的输入电流	输入电压介 于 0.1 x V _{DD} 和 0.9 x V _{DD} 之间	-10		+10 ⁽³⁾	μA
C _B	每条母线的总电容负载				550	pF
C _{I/O}	I/O 电容 (SDA、SCL) ⁽⁴⁾				10	pF

备注

1. 在快速模式 Plus 中，输出级和总线定时的下降时间是相同的。如果使用串联电阻，则必须考虑总线定时。
2. SDA 和 SCL 输入上的输入滤波器可抑制小于 50 ns 的噪声尖峰。
3. 如果 V_{DD} 关断，快速模式和快速模式 Plus 器件的 I/O 引脚不得加载或驱动 SDA 和 SCL 线路。
4. 多路复用器和开关等特殊用途设备可能会超过这个电容值，因为它们将多条路径连接在一起。

I²C 时序

图 16 :
I²C 时序

符号	参数	最小	最大	Unit
f _{SCLK}	SCL 时钟频率		1.0	MHz
t _{BUF}	总线空闲时间 (STOP 和 START 条件之间的时间)	0.5		μs
t _{HD;STA}	保持时间 ; (重复) 启动条件 ⁽¹⁾	0.26		μs
t _{LOW}	SCL 时钟的低相位	0.5		μs
t _{HIGH}	SCL 时钟的高电平相位	0.26		μs
t _{SU;STA}	重复启动条件的设置时间	0.26		μs
t _{HD;DAT}	数据保持时间 ⁽²⁾		0.45	μs
t _{SU;DAT}	数据设置时间 ⁽³⁾	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 ⁽⁴⁾	ns
t _{SU;STO}	停止条件的设置时间	0.26		μs

备注

1. 之后，第一个时钟开始产生。
2. 器件必须在内部为 SDA 信号 (参考 SCL 的 VIHmin) 提供 120 ns 的最短保持时间 (快速模式 Plus) 。
以弥合 SCL 下降沿的未定义区域。
3. 快速模式器件可用于标准模式系统，但必须满足 t_{SU;DAT} = 250 ns 的要求。如果器件不拉伸 SCL 的低相位，则可自动满足这一要求。
如果这种器件确实拉伸了 SCL 的低相位，则必须在 SCL 释放之前在 SDA 上驱动下一个数据位 (t_{Rmax} + t_{SU;DAT} = 1000 + 250 = 1250 ns) 。
4. 在快速模式 Plus 中，输出级和总线定时的下降时间相同。如果使用串联电阻，则必须考虑总线定时。
如果使用串联电阻，则必须考虑总线定时。

PC 模式

无效地址

访问 AS5600 寄存器有两个地址。

首先是用于选择 AS5600 的从站地址。

所有 I²C 总线事务都包含一个从站地址。

AS5600 的从机地址是 0x36 (二进制 0110110)。

字地址选择 AS5600 上的一个寄存器。

字地址被载入 AS5600 的地址指针。

在随后的读取事务和写入事务的后续字节中，地址指针提供所选寄存器的地址。

除某些读取特殊寄存器的事务外，地址指针在每个字节传输后都会递增。

如果用户将地址指针设置为无效字地址，则地址字节不会被确认 (A 位为高电平)。

尽管如此，还是可以进行读取或写入循环。每个字节之后，地址指针都会增加。

阅读

从无效地址读取数据时，AS5600 在数据字节中返回所有 0。

每个字节之后，地址指针都会递增。

可对整个地址范围进行顺序读取，包括地址溢出。

自动递增角度、原始角度和方位寄存器的地址指针

这些特殊寄存器在读取时会抑制地址指针的自动递增，因此重新读取这些寄存器时不需要 I²C 写入命令来重新加载地址指针。

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有效。

写作

对无效地址的写入不会被 AS5600 确认，尽管地址指针会递增。当地址指针再次指向有效地址时，将确认成功写入。可以在整个地址范围内进行页面写入，包括地址溢出。

支持的总线协议

数据传输只能在总线不繁忙时启动。

在数据传输过程中，只要 SCL 为高电平，

数据线就必须保持稳定。

当 SCL 为高电平时，数据线的变化被解释为启动或停止条件。

因此，确定了以下总线条件：

总线不繁忙

SDA 和 SCL 均保持高电平。

开始数据传输

当 SCL 为高电平时，SDA 的状态从高电平变为低电平，即为启动条件。

停止数据传输

当 SCL 为高电平时，SDA 的状态从低电平变为高电平，即定义了 STOP 条件。

有效数据

在启动条件后，SDA 在 SCL 的高电平阶段持续稳定时，数据线的状态表示有效数据。

SDA 上的数据必须在 SCL 的低电平阶段进行更改。

每个数据位有一个时钟周期。

每个 I²C 总线事务都由一个 START (开始) 条件启动, 并由一个 STOP (停止) 条件终止。

在启动和停止条件之间传输的数据字节数不受限制，由 I²C 总线主站决定。

信息按字节传输，每个接收器以第九位确认。

确认

每个 I²C 从设备在被寻址时，都必须在接收到每个字节后产生一个确认。

I²C 总线主设备必须为该确认位产生一个额外的时钟周期。

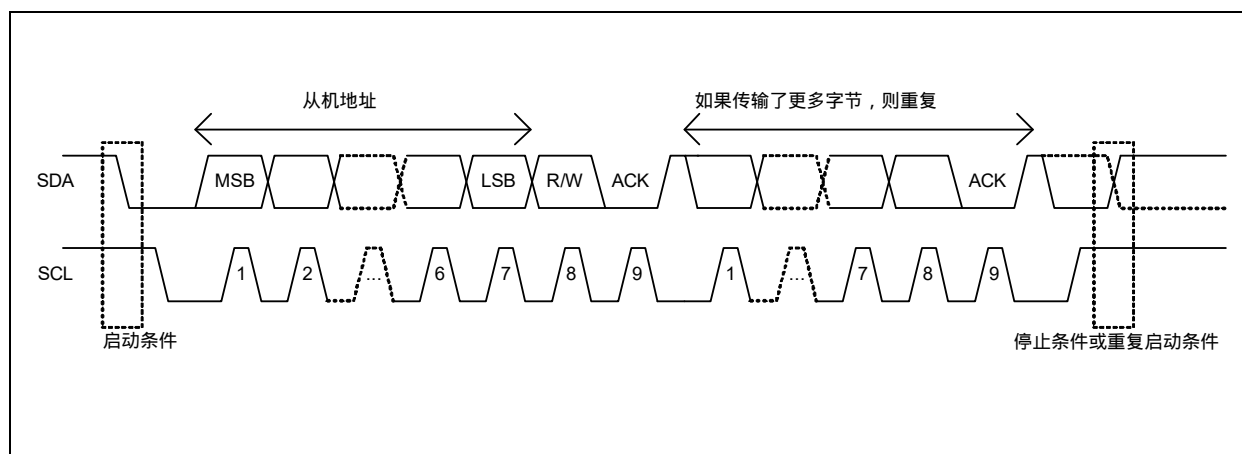
进行确认的从站必须在确认时钟周期内拉低 SDA，使 SDA 在确认时钟周期的高电平阶段稳定为低电平。

当然，设置和保持时间也必须考虑在内。

主站必须在从站时钟输出的最后一个字节上不产生确认位，从而发出读取事务结束的信号。

在这种情况下，从站必须让 SDA 保持高电平，以使主站产生 STOP 条件。

图 17：
数据读取



根据 R/W 位的状态，可以进行两种类型的数据传输：

从主发射机向从接收机传输数据

主站传输的第一个字节是从站地址，然后是 R/W = 0。

接下来是一些数据字节。

每接收一个字节后，从机都会返回一个确认位。

如果从属设备不理解命令或数据，则会发送未确认（NACK）。

数据传输时，最有意义位（MSB）优先。

从属发射机向主接收机传输数据

主站传输第一个字节（从站地址）。

然后，从站返回一个确认位，接着从站发送若干数据字节。除最后一个字节外，主站会在收到所有字节后返回一个确认位。在最后一个接收字节结束时，将返回 NACK。

主站产生所有 SCL 时钟周期以及 START 和 STOP 条件。

传输以 STOP 条件或重复 START 条件结束。

由于重复启动条件也是下一次串行传输的开始，因此总线不会被释放。

数据传输时，最有意义位（MSB）优先。

AS5600 从站模式

从属接收器模式（写入模式）

串行数据和时钟通过 SDA 和 SCL 接收。

根据地址指针是否选择了有效地址，每个字节后都有一个确认位或一个不确认位。

开始和停止条件被视为总线事务的开始和结束。

从站地址字节是启动条件后接收到的第一个字节。

AS5600 的 7 位地址为 0x36（二进制为 0110110）。

7 位从站地址之后是方向位 (R/W)，写入时方向位为 0（低电平）。

接收并解码从站地址字节后，从站设备通过 SDA 发出确认信号。

AS5600 确认从站地址和写位后，主站向 AS5600 发送寄存器地址（字地址）。

这将被加载到 AS5600 的地址指针中。

如果地址是有效的可读地址，AS5600 将发送确认（A 位为低电平）。

如果地址指针选择的是无效地址，则会发送未确认（A 位高电平）。

然后，主站可传输零个或多个字节的数据。

如果地址指针选择了一个无效地址，

接收到的数据将不会存储。

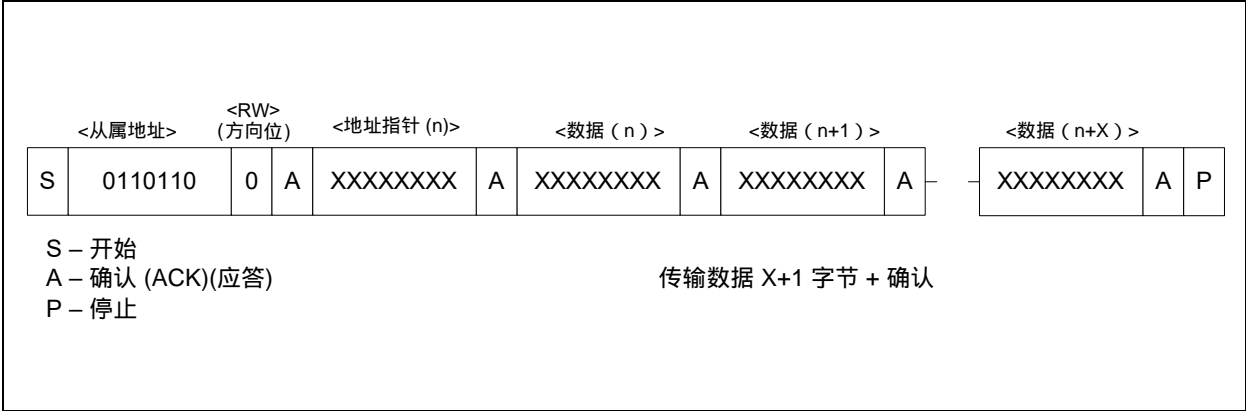
无论地址是否有效，每传输一个字节，地址指针都会递增。

如果地址指针再次到达有效位置，

AS5600 将应答并存储数据。

主站生成 STOP 条件，终止写入事务。

图 18 :
数据写入 (从属接收器模式)



从属发射机模式 (读取模式)

第一个字节的接收和处理与从属接收器模式相同。

但是，在这种模式下，方向位表示 AS5600 将在 SDA 上驱动数据。

开始和停止条件被视为总线事务的开始和结束。

从站地址字节是主站产生 START (开始) 条件后收到的第一个字节。

从机地址字节包含 7 位 AS5600 地址。

7 位从站地址之后是方向位 (R/W)，

读取时方向位为 1 (高电平)。

在接收并解码从站地址字节后，从站设备在 SDA 线上发出确认信号。

然后，AS5600 从地址指针指向的寄存器地址开始传输数据。如果在启动读取事务之前没有写入地址指针，则读取的第一个地址就是地址指针中存储的最后一个地址。AS5600 必须收到未确认 (NACK) 才能结束读取事务。

图 19 :
数据读取 (从属发射机模式)

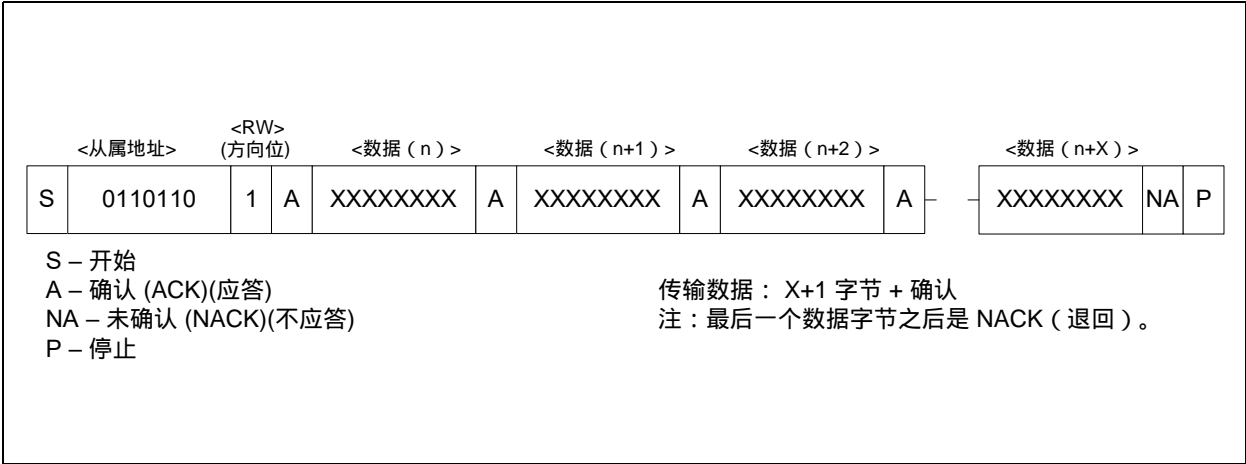
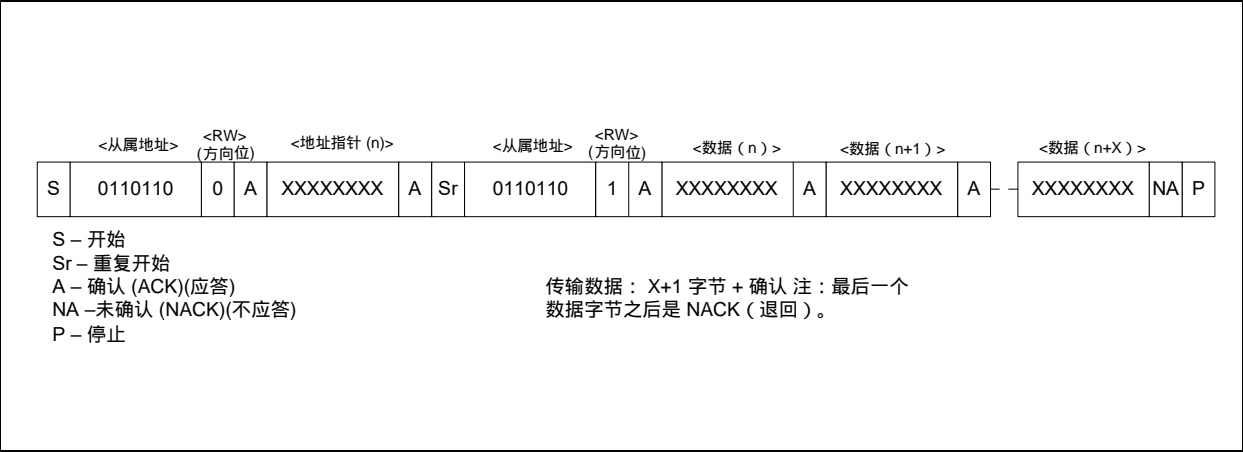


图 20 :
带地址指针重载的数据读取（从属发射机模式）



SDA 和 SCL 输入滤波器

包括用于 SDA 和 SCL 输入的输入滤波器，可抑制小于 50 ns 的噪声尖峰。

寄存器说明

可通过串行 I²C 接口访问以下寄存器。从属设备的 7 位设备地址为 0x36（二进制 0110110）。为了对配置进行永久编程，提供了一个非易失性存储器（OTP）。

图 21：
寄存器说明

地址	名称	R/W (读写位)	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)							
刻录命令										
0xFF	BURN	W	Burn_Angle = 0x80; Burn_Setting = 0x40							

备注

- 要更改配置，请读出寄存器，只修改所需的位，然后写入新配置。空白字段可能包含出厂设置。
- 上电期间，配置寄存器将重置为永久编程值。未编程位为零。

ZPOS/MPOS/MANG 寄存器

这些寄存器用于配置起始位置 (ZPOS) 和停止位置 (MPOS) 或最大角度 (MANG)，以缩小角度范围。角度范围必须大于 18 度。在角度范围缩小的情况下，分辨率不按缩小的范围缩放（例如，0° 至 60°（全回转） 4096dec；0° 至 180° 2048dec）。要配置角度范围，请参阅角度编程。

CONF 寄存器

CONF 寄存器支持定制 AS5600。图 22 显示了 CONF 寄存器的映射。

图 22 :
CONF 寄存器

名称	位 位置	说明
PM(1:0)	1:0	电源模式 00 = NOM, 01 = LPM1, 10 = LPM2, 11 = LPM3
HYST(1:0)	3:2	滞后 00 = OFF, 01 = 1 LSB, 10 = 2 LSBs, 11 = 3 LSBs
OUTS(1:0)	5:4	输出级 00 = 模拟量 (GND 和 VDD 之间的全量程范围为 0%-100%，01 = 模拟量 (GND 和 VDD 之间的减小量程范围为 10%-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	慢速过滤器 00 = 16x ⁽¹⁾ ; 01 = 8x; 10 = 4x; 11 = 2x
FTH(2:0)	12:10	快速滤波器阈值 000 = 仅慢速过滤器, 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

备注

1. 强制进入低功耗模式 (LPM)

ANGLE/RAW ANGLE 寄存器

RAW ANGLE 寄存器包含未缩放和未修改的角度。已缩放的输出值可在 ANGLE 寄存器中找到。

备注 角度寄存器在 360 度范围的极限处有一个 10-LSB 的滞后，以避免在一次旋转中出现不连续点或输出踌躇。

在一次旋转过程中，输出会出现混叠。

状态寄存器

STATUS 寄存器提供的比特可指示 AS5600 的当前状态。

图 23 :
状态寄存器

名称	位处于高电平时的状态
MH	AGC 最小增益溢出，磁铁太强
ML	AGC 最大增益溢出，磁铁太弱
MD	检测到磁铁

自动增益控制(AGC)寄存器

AS5600 在闭环中使用自动增益控制，以补偿由于温度变化、集成电路与磁体之间的气隙以及磁体退化造成的磁场强度变化。AGC 寄存器指示增益。为了获得最稳定的性能，增益值应在其范围的中心。可以通过调整物理系统的气隙来达到该值。

在 5V 工作模式下，AGC 范围为 0-255 计数。在 3.3V 模式下，AGC 范围降至 0-128 计数。

磁铁磁场强度(MAGNITUDE)寄存器

MAGNITUDE 寄存器指示内部 CORDIC 的幅值。

非易失性存储器（OTP）

非易失性存储器用于对配置进行永久编程。要对非易失性存储器编程，需要使用 I²C 接口（选件 A、选件 C）。另外，也可通过输出引脚（选件 B）对启动和停止位置进行编程。编程既可在 5V 电源模式下进行，也可在 3.3V 工作模式下进行，但使用的最低电源电压为 3.3V，并在 VDD3V3 引脚对地连接一个 10 μF 的电容器。该 10 μF 电容仅在器件编程期间使用。要对设备进行永久编程，需要使用两个不同的命令：

刻录角度命令 (ZPOS, MPOS)

主机微控制器可通过 BURN_ANGLE 命令对 ZPOS 和 MPOS 执行永久编程。要执行 BURN_ANGLE 命令，请将数值 0x80 写入寄存器 0xFF。BURN_ANGLE 命令最多可执行 3 次。

ZMCO 显示 ZPOS 和 MPOS 被永久写入的次数。

只有检测到磁铁存在 (MD = 1) 时才能执行该命令。

烧录设置命令 (MANG, CONFIG)

主机微控制器可以通过 BURN_SETTING 命令永久写入 MANG 和 CONFIG。要执行 BURN_SETTING 命令，请将数值 0x40 写入寄存器 0xFF。

只有在 ZPOS 和 MPOS 从未被永久写入 (ZMCO = 00) 的情况下，才能写入 MANG。BURN_SETTING 命令只能执行一次。

角度编程

对于不使用 0 至 360 度全角度范围的应用，可通过对实际使用的范围进行编程来提高输出分辨率。在这种情况下，输出的全分辨率会自动缩放至编程的角度范围。角度范围必须大于 18 度。

通过设置起始位置 (ZPOS) 和停止位置 (MPOS) 或角度范围大小 (MANG) 来指定量程。

BURN_ANGLE 命令最多可执行 3 次。

- 有三种推荐的角度量程编程方法：
- 选项 A：通过 I²C 接口进行角度编程
 - 选项 B：通过输出引脚进行角度编程
 - 选项 C：通过 I²C 接口编程最大角度范围

图 24：
选项 A：通过 I²C 接口进行角度编程

使用图 37 和图 38 所示的正确硬件配置。	
步骤 1	启动 AS5600。
步骤 2	将磁铁转到启动位置。
步骤 3	读取 RAW ANGLE 寄存器。 将 RAW ANGLE 值写入 ZPOS 寄存器。 至少等待 1 毫秒。
步骤 4	按照 DIR 引脚电平（顺时针为 GND，逆时针为 VDD）所确定的方向旋转磁铁至停止位置。旋转量必须大于 18 度。
步骤 5	读取 RAW ANGLE 寄存器。 将 RAW ANGLE 值写入 MPOS 寄存器。 至少等待 1 毫秒。
继续执行步骤 6，对配置进行永久编程。	
步骤 6	执行 BURN_ANGLE 命令对设备进行永久编程。 至少等待 1 毫秒。
步骤 7	验证 BURN_ANGLE 命令： 将命令 0x01、0x11 和 0x10 依次写入寄存器 0xFF，加载实际 OTP 内容。 读取 ZPOS 和 MPOS 寄存器，验证 BURN_ANGLE 命令是否成功。
步骤 8	在新的开机周期后，再次读取并验证 ZPOS 和 MPOS 寄存器。

备注

1. 每次发出寄存器命令后，新设置至少 1 毫秒后在输出端生效。
2. 强烈建议在此程序后进行功能测试。

图 25 :
选项 B : 通过输出引脚进行角度编程

使用图 37 和图 38 所示的正确硬件配置。PGO 引脚连接至接地，OUT 引脚由内部电阻器拉高，直至编程程序结束。	
步骤 1	启动 AS5600。
步骤 2	将磁铁置于起始位置。
步骤 3	将 OUT 引脚拉至 GND 至少 100 毫秒，然后让引脚浮动。
步骤 4	沿 DIR 引脚电平（顺时针为 GND，逆时针为 VDD）确定的相同方向旋转磁铁至停止位置。旋转量必须大于 8 度。
步骤 5	将 OUT 引脚拉至 GND 至少 100 毫秒，然后让引脚浮动。
步骤 6	检查 OUT 引脚是否被永久驱动至 GND。这表明编程过程中发生了错误。如果 OUT 引脚上的电压与磁铁位置一致，则程序成功执行。

备注

1. 步骤 5 后，新设置在输出端生效。
2. 如果步骤 3 之后没有步骤 5，则不会执行永久写入操作。
3. 强烈建议在编程后进行功能测试。
4. 该程序只能执行一次；零位和最大角度只能通过 I²C（选项 A）重新编程。
5. 只有检测到磁铁存在（MD = 1）时，才能执行该程序。

图 26 :
选项 C : 通过 I²C 接口编程最大角度范围

使用图 37 和图 38 所示的正确硬件配置。	
步骤 1	启动 AS5600。
步骤 2	使用 I ² C 接口将最大角度范围写入 MANG 寄存器。例如，如果最大角度范围为 90 度，则向 MANG 寄存器写入 0x400。 通过写入 CONFIG 寄存器配置其他配置设置。 至少等待 1 毫秒。
继续执行步骤 3，对配置进行永久编程。	
步骤 3	执行 BURN_SETTINGS 命令对设备进行永久编程。 至少等待 1 毫秒。
步骤 4	验证 BURN_SETTINGS 命令： 将命令 0x01、0x11 和 0x10 依次写入寄存器 0xFF，以加载实际的 OTP 内容。 读取并验证 MANG 和 CONF 寄存器，以确认 BURN_SETTINGS 命令是否成功。
继续执行步骤 5，对零位进行永久编程。如果该选项使用 OUT 引脚，则 PGO 引脚必须连接至 GND。	
步骤 5	将磁铁置于起始位置（零角度）。
步骤 6	将 OUT 引脚拉至 GND 至少 100 毫秒，然后让引脚浮动。或者，通过 I ² C 接口（选项 A）对零位进行编程。 至少等待 1 毫秒。
步骤 7	验证通过 I ² C 进行的永久编程（选项 A），或检查 OUT 是否永久驱动至 GND（选项 B）。
步骤 8	在新的开机周期后，再次读取并验证永久编程的寄存器。

备注

1. 每次发出寄存器命令后，新配置至少在 1 毫秒后在输出端生效。
2. 建议在此程序之后进行功能测试。

输出级

CONF 寄存器中的 OUTS 位用于在模拟比率输出（默认）和数字 PWM 输出之间进行选择。如果选择 PWM，则 DAC 会断电。

外部设备可以随时通过 I²C 接口从 ANGLE 寄存器中读取角度，而无需考虑哪个输出已启用。

模拟输出模式

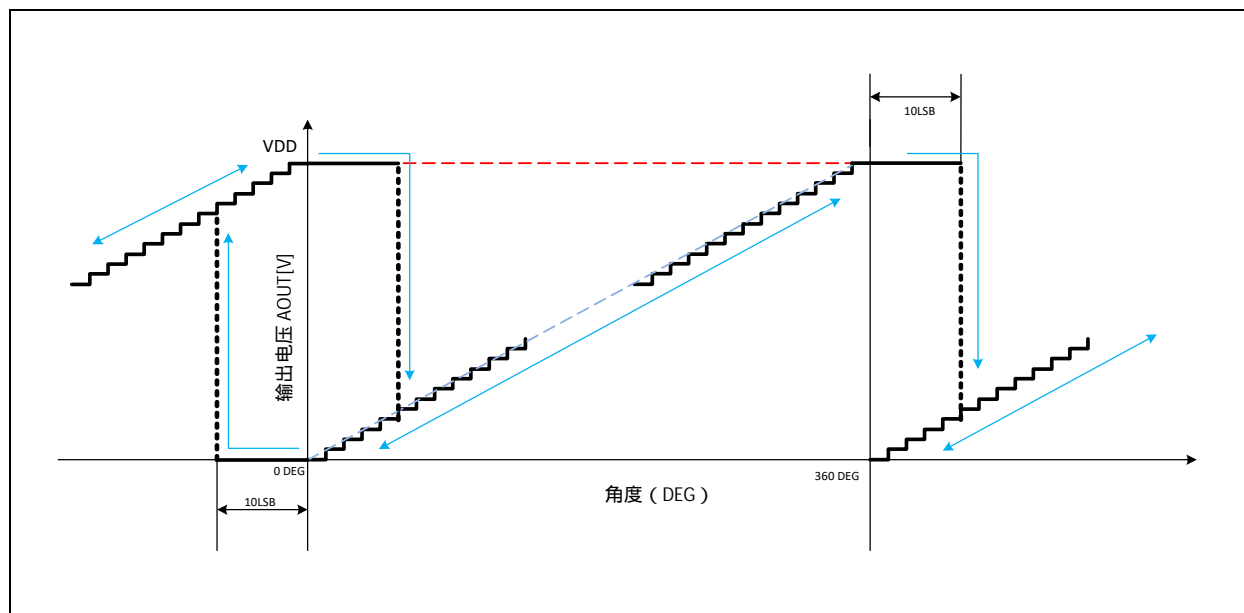
默认情况下，AS5600 输出级配置为模拟比率输出。数模转换器（DAC）的分辨率为 12 位。在默认模式下，DAC 的下参考电压为 GND，上参考电压为 VDD。

OUT 引脚上的输出电压在 GND 和 VDD 之间按比例变化。

最大角度范围可设置为 18 度至 360 度。默认范围为 360 度。

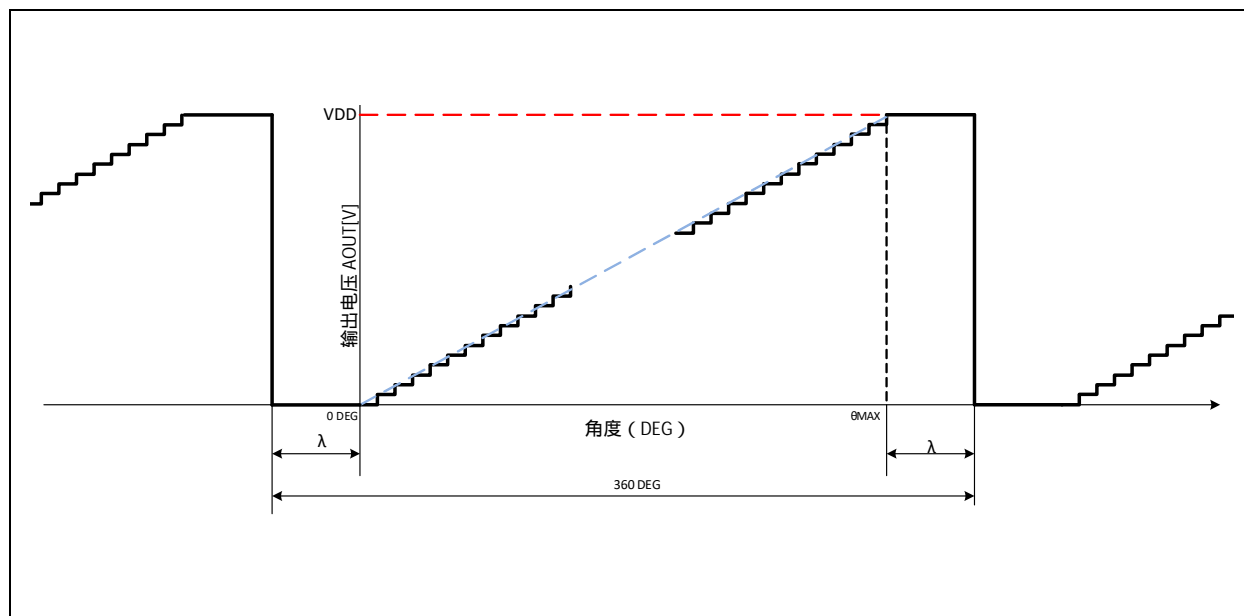
如下图所示，如果量程为 360 度，为了避免不连续点正好位于量程的极限，需要应用 10-LSB 磁滞。当磁铁接近零或 360 度时，该磁滞可抑制 OUT 引脚的切换。

图 27 :
360° 全回转的输出特性



AS5600 既支持零角度编程，也支持最大角度范围编程。如图 28 所示，减小最大角度范围会将非连续点推向边缘，远离 0 和 \max （其中 \max 为最大角度），其中 $\text{offset} = (360 - \max)/2$ 。

图 28 :
小于 360° 范围内的输出特性



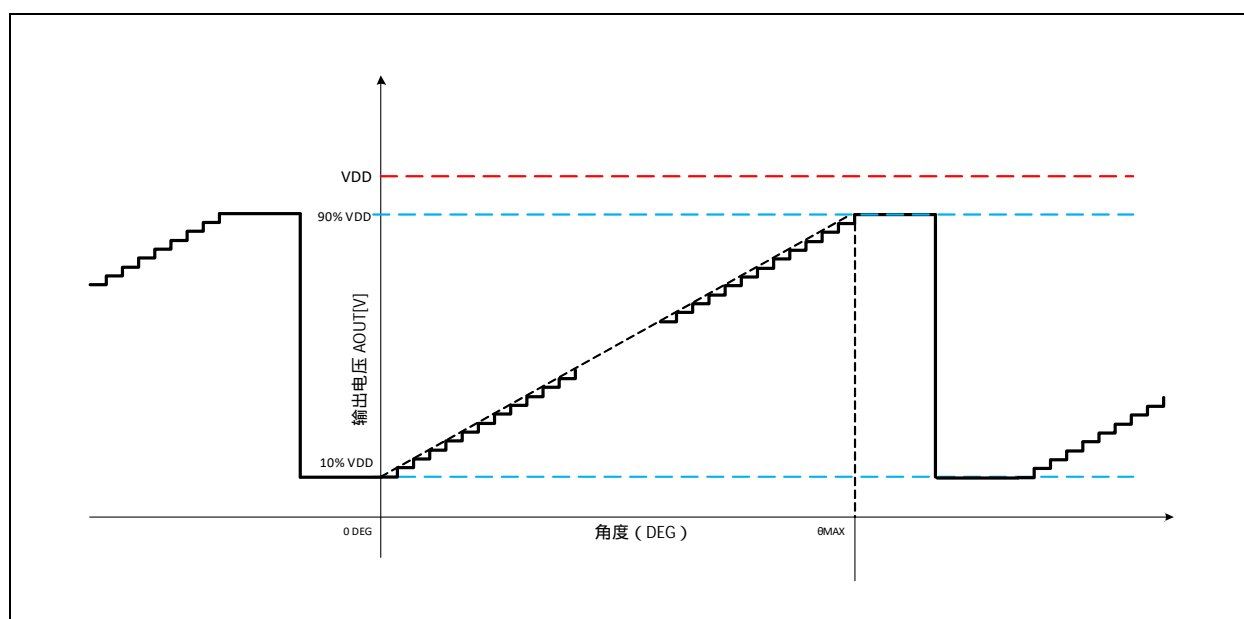
如果最大角度范围小于 360 度，则 DAC 分辨率会自动降低。

如果 θ_{max} 是最大角度，则输出信号 OUT 的步进数 N 为

$$N = (\theta_{max}/360) \times 4096$$

AS5600 还可通过 CONF 寄存器中的 OUTS 位选择 OUT 信号的输出动态特性。默认情况下 (OUTS = 00)，输出可覆盖整个电压范围 (0V 至 VDD)，但也可在 GND 和 VDD 之间设置一个从 10% 至 90% 的较小范围 (OUTS = 01)。

图 29 :
输出范围缩小 (10%-90%) 时的输出特性



PWM 输出模式

AS5600 输出级可在 CONF 寄存器的 OUTS 位中编程为 PWM 编码数字输出 (OUTS = 10)。在这种模式下，OUT 引脚提供数字 PWM 信号。

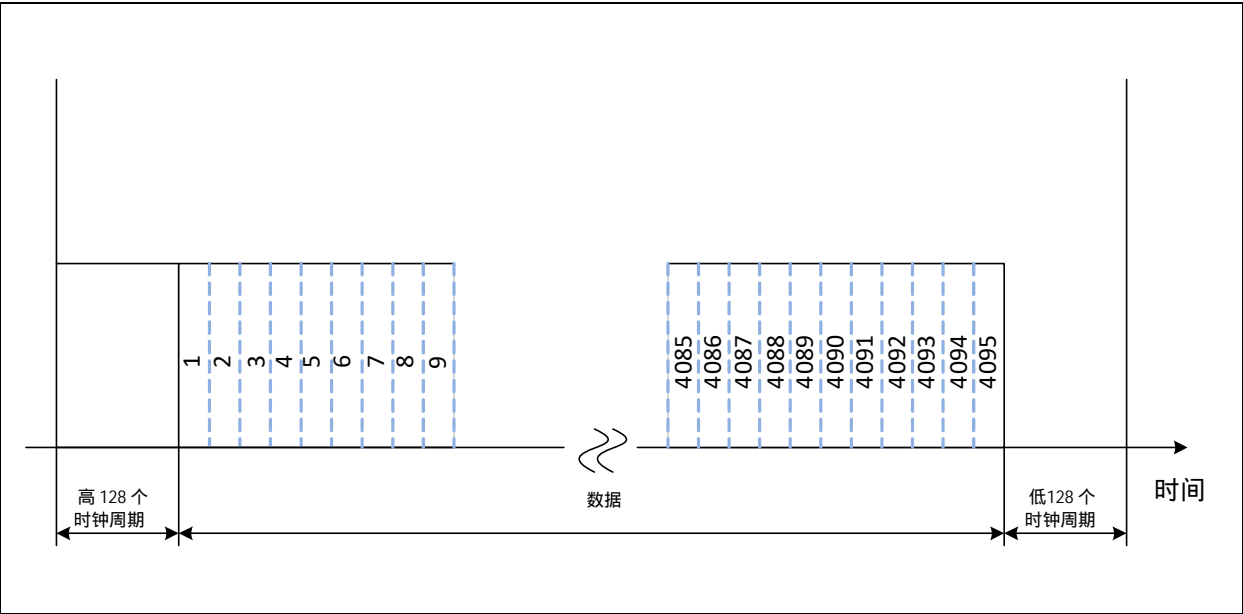
每个脉冲的占空比与旋转磁铁的绝对角度成正比。

PWM 信号由一帧 4351 个 PWM 时钟周期组成，如图 30 所示。该 PWM 帧由以下部分组成：

- 128 PWM 时钟周期高电平
- 4095 PWM 时钟周期数据
- 128 PWM 低电平时钟周期

角度在帧的数据部分表示，一个 PWM 时钟周期代表整个角度范围的 4096 分之一。PWM 频率通过 CONF 寄存器中的 PWMF 位进行编程。

图 30 :
脉宽调制模式下的输出特性



零度角由高 128 个时钟周期和低 4223 个时钟周期表示，而最大角度则由高 4223 个时钟周期和低 128 个时钟周期组成。

阶跃响应和滤波器设置

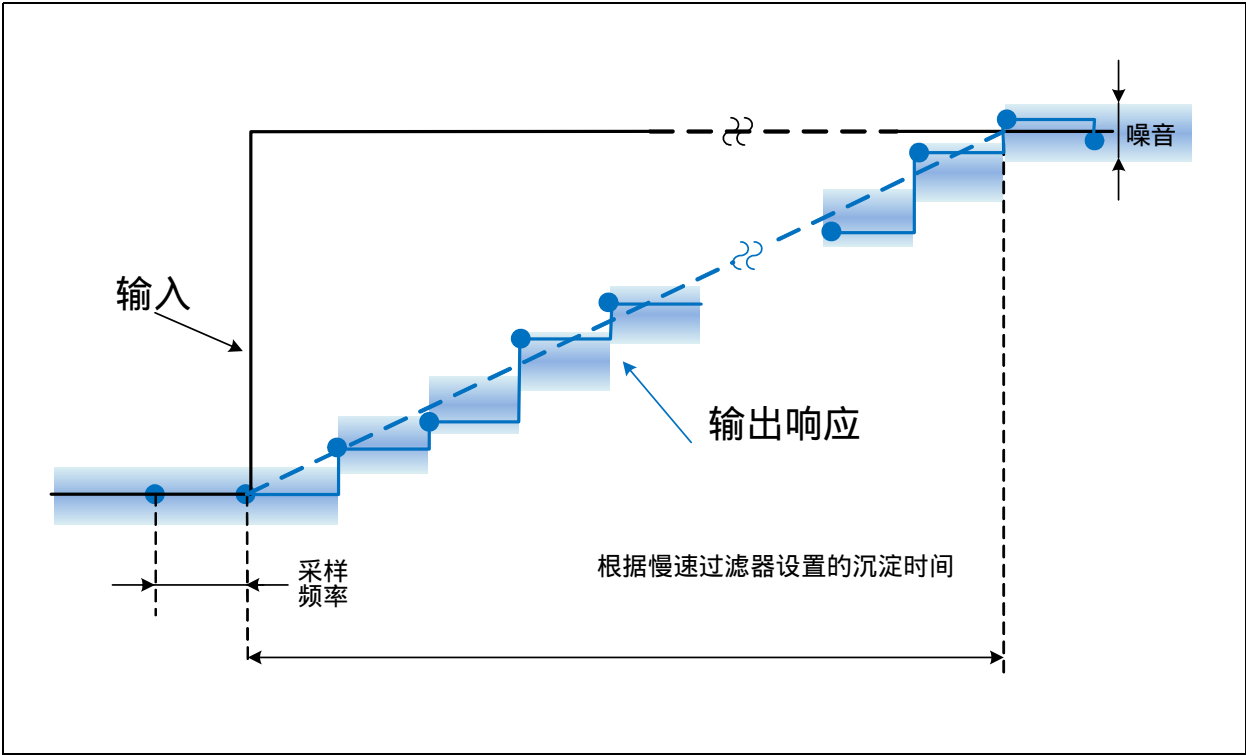
AS5600 具有数字后处理可编程滤波器，可设置为快速或慢速模式。通过在 CONF 寄存器的 FTH 位设置快速滤波阈值，可启用快速滤波模式。

如果快速滤波器关闭，则阶跃输出响应由慢速线性滤波器控制。慢速滤波器的阶跃响应可通过 CONF 寄存器中的 SF 位进行编程。图 32 显示了不同 SF 位设置下延迟和噪声之间的权衡。

图 31 :
阶跃响应延迟与噪声带

SF	阶跃响应延迟 (毫秒)	最大 有效值输出噪声 (1 Sigma) (度)
00	2.2	0.015
01	1.1	0.021
10	0.55	0.030
11	0.286	0.043

图 32 :
阶跃响应 (快速滤波器关闭)

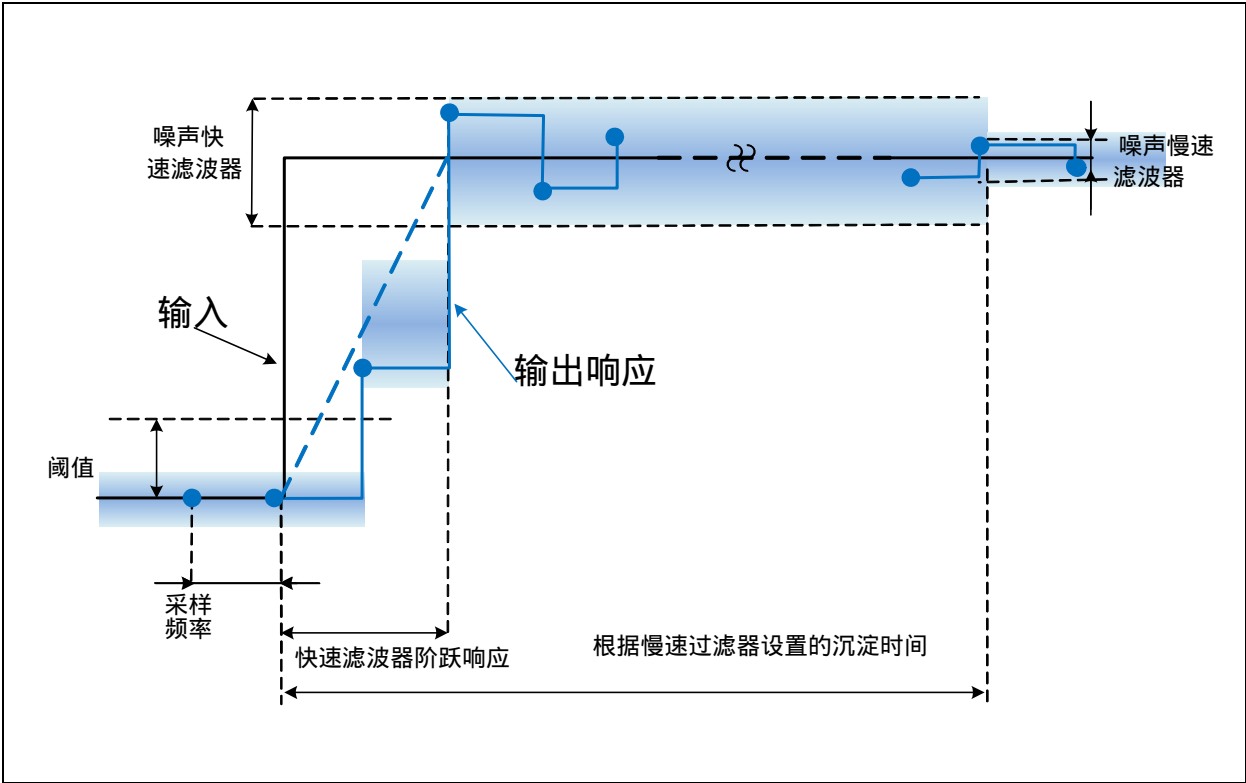


为了实现快速阶跃响应和低噪音沉降，可以启用快速滤波器。只有当输入变化大于快速滤波器阈值时，快速滤波器才起作用，否则输出响应只能由慢速滤波器决定。快速滤波器阈值通过 CONF 寄存器中的 FTH 位进行编程。如图 34 所示，经过两个完整的采样周期后，阶跃响应将保持在误差带内，以达到由慢速滤波器确定的最终值。

图 33 :
快速滤波器阈值

FTH	快速滤波器阈值 (LSB)	
	从慢到快过滤器	快慢过滤器
000	仅慢速过滤器	
001	6	1
010	7	1
011	9	1
100	18	2
101	21	2
110	24	2
111	10	4

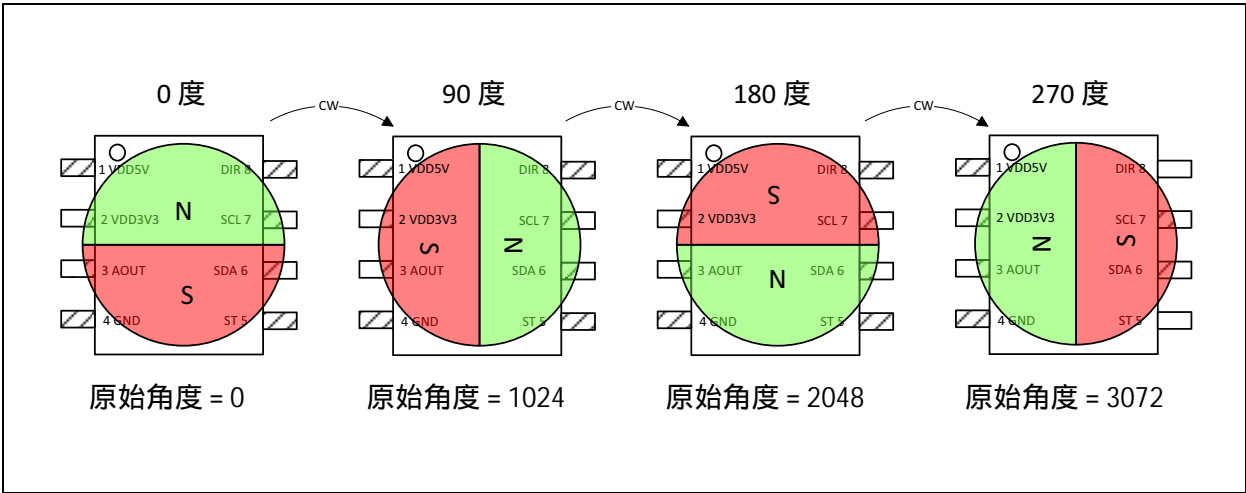
图 34 :
阶跃响应 (开启快速滤波器)



方向 (顺时针与逆时针)

AS5600 可以通过 DIR 引脚控制磁铁的旋转方向。如果 DIR 连接到 GND (DIR = 0)，从顶部看顺时针旋转将产生计算角度的增量。如果 DIR 引脚连接至 VDD (DIR = 1)，则逆时针旋转时，计算角度会增大。

图 35 :
顺时针方向的原始角度



磁滞

为避免在磁铁不移动时出现任何输出切换，可通过 CONF 寄存器中的 HYST 位启用 12 位分辨率的 1 至 3 LSB 迟滞。

磁铁检测

作为一项安全和诊断功能，AS5600 可指示磁铁是否缺失。如果测量到的磁场强度低于规定的最低水平（Bz_ERROR），则将输出驱动为低电平，而不考虑已选择的输出模式（模拟或 PWM），STATUS 寄存器中的 MD 位为 0。

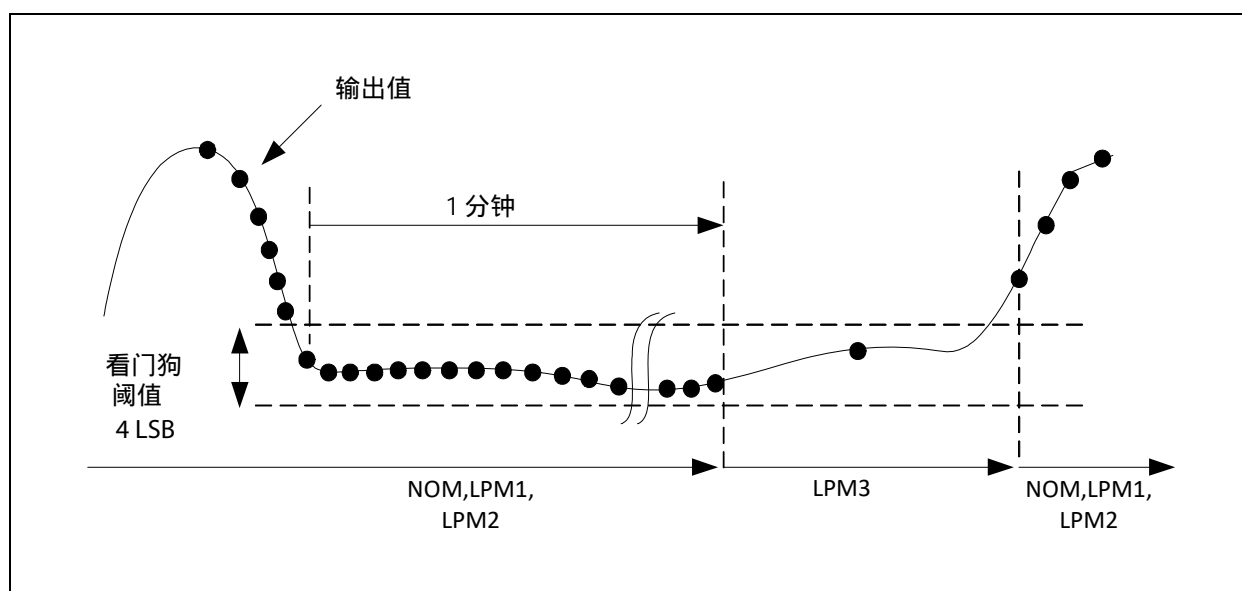
低功耗模式

数字状态机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，可通过 CONF 寄存器中的 PM 位启用。电流消耗和轮询时间如图 6 所示。

看门狗定时器

如图 36 所示，如果角度在 4 LSB 的看门狗阈值内至少保持一分钟，看门狗定时器就会切换到 LPM3，从而节省电能。看门狗功能可通过 CONF 寄存器中的 WD 位启用。

图 36：
看门狗定时器功能

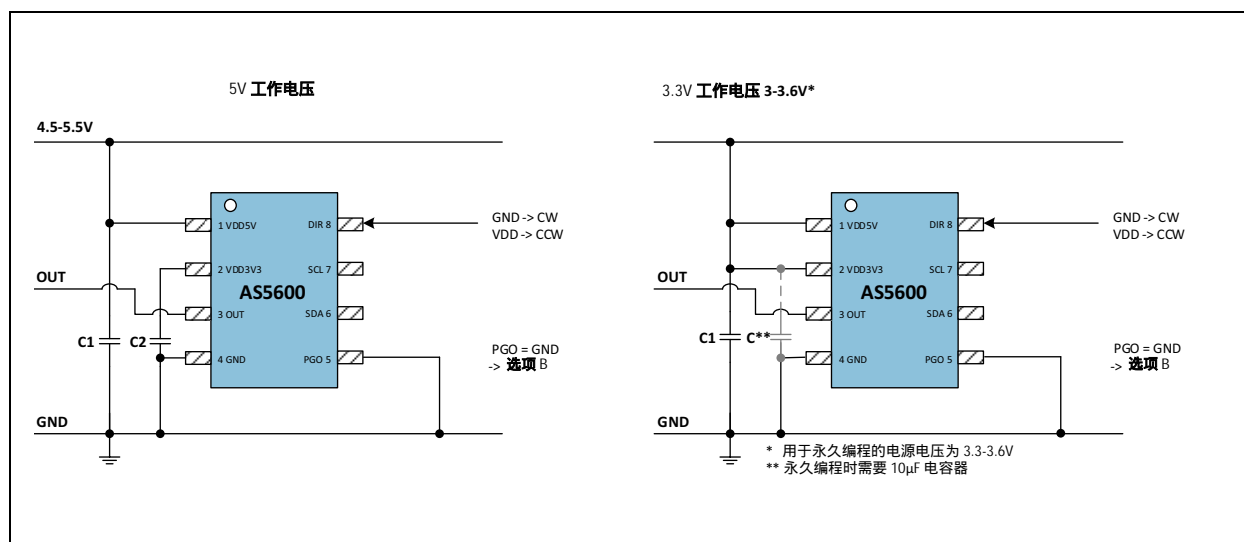


申请信息

示意图

所有必需的外部元件如下所示，供参考应用图使用。为改善电磁兼容性和远程应用，可考虑增加保护电路。

图 37 :
通过输出引脚进行角度读数和编程的应用示意图（选项 B）



备注

1. 考虑到在通过 OUT 引脚进行编程时，输出由内部上拉电阻器驱动为高电平。在编程过程中，请断开额外的外部负载。

图 38 :
使用 I²C 进行角度读数和编程的应用示意图（选项 A 和选项 C）

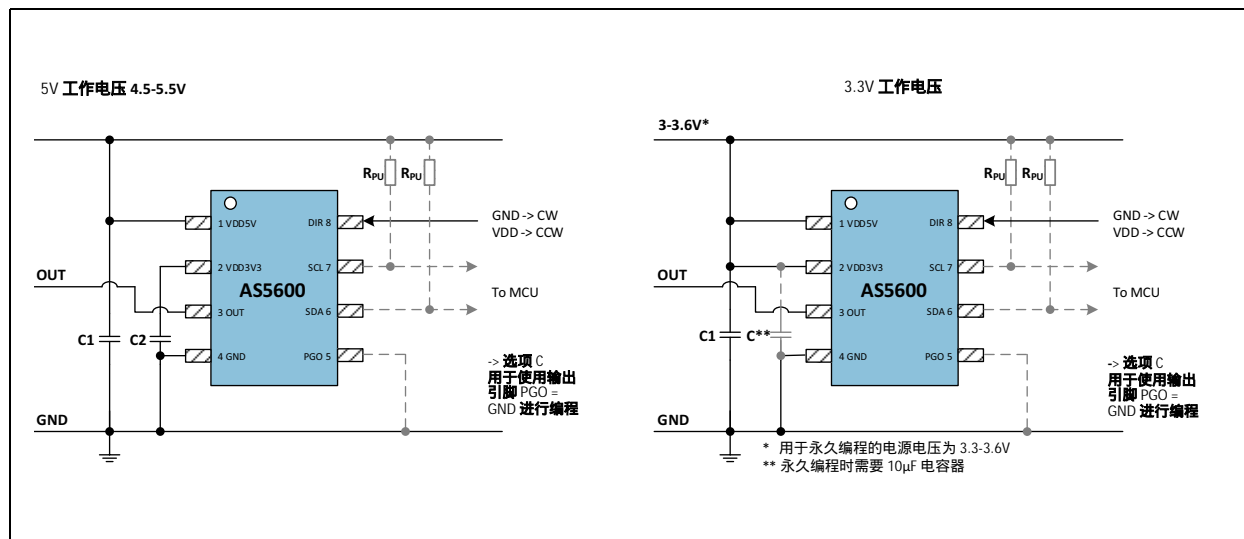


图 39 :
推荐的外部组件

组件	符号	数值	单位	说明
VDD5V 缓冲电容器	C1	100	nF	20%
LDO 稳压器电容器	C2	1	μF	20% ; < 100 mΩ ; 低 ESR 陶瓷电容器
I²C 总线可选上拉器	RPU	4.7	KΩ	有关 RPU 的尺寸, 请参阅 UM10204

备注

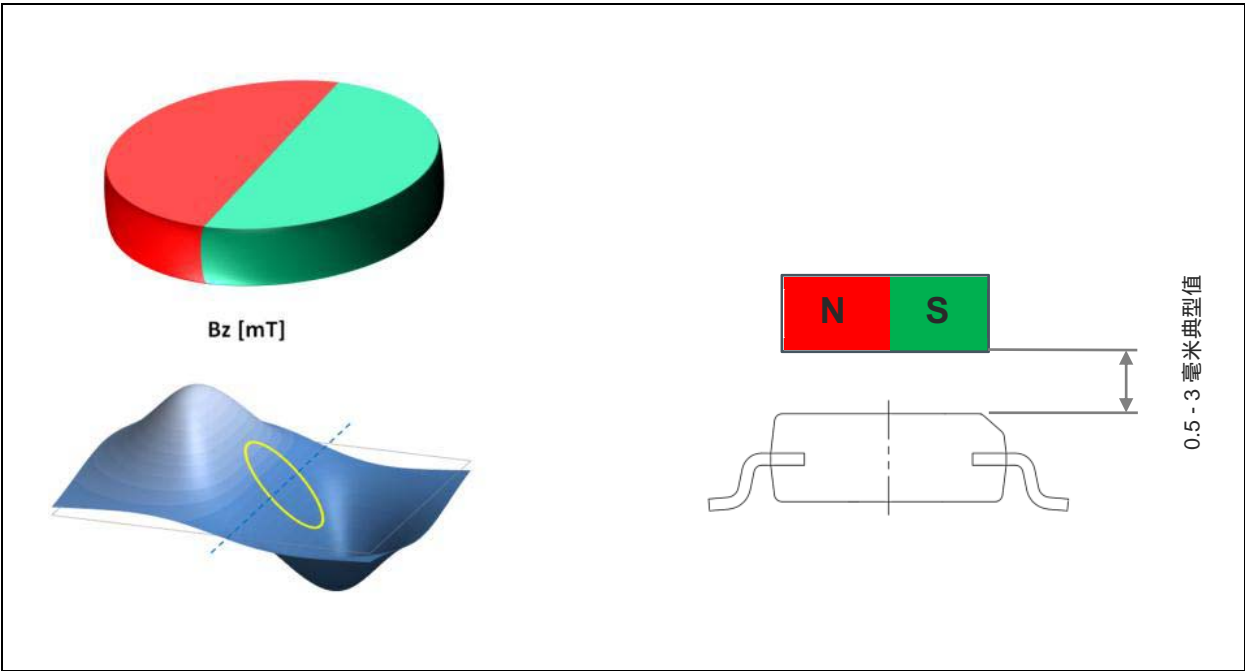
1. 在运行温度和产品寿命期间, 必须满足指定的参数特性

磁性要求

AS5600 要求磁场分量 Bz 垂直于芯片上的敏感区域。

沿着霍尔元件圆的圆周, 磁场 Bz 应呈正弦曲线形。沿圆周半径 Bz 的磁场梯度应在磁体的线性范围内, 以便利用差分测量原理消除位移误差。

图 40 :
磁场 Bz 和典型气隙

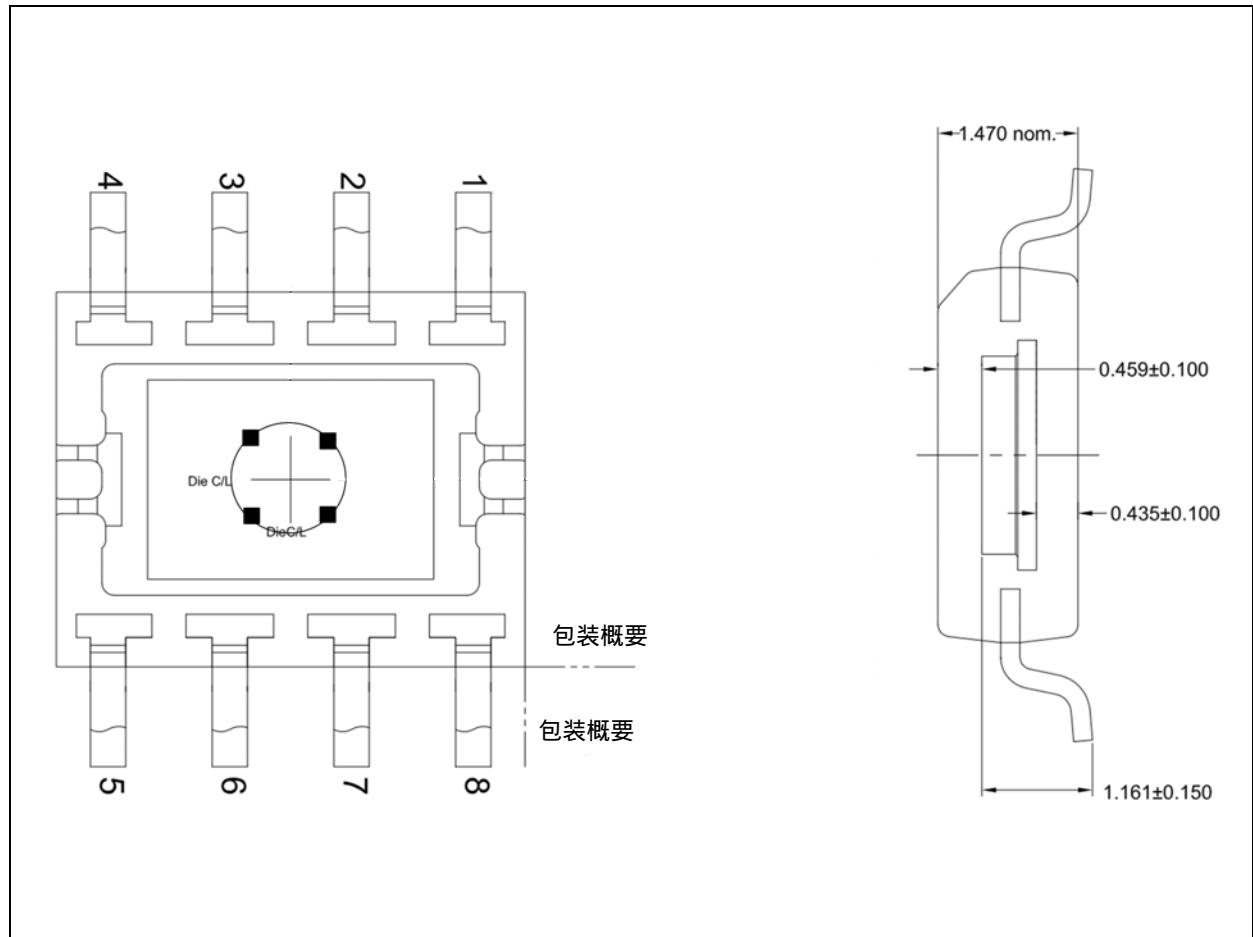


气隙一般在 0.5 毫米到 3 毫米之间, 取决于所选的磁铁。磁铁越大越强, 气隙也就越大。以 AGC 值为指导, 通过调整磁铁与 AS5600 之间的距离, 使 AGC 值处于其范围的中心, 即可找到最佳气隙。使用直径为 6 毫米的磁铁时, 参考磁铁旋转轴与封装中心的最大允许位移为 0.25 毫米。

机械数据

内部霍尔元件位于封装中心，半径为 1 毫米。

图 41：
霍尔元件位置

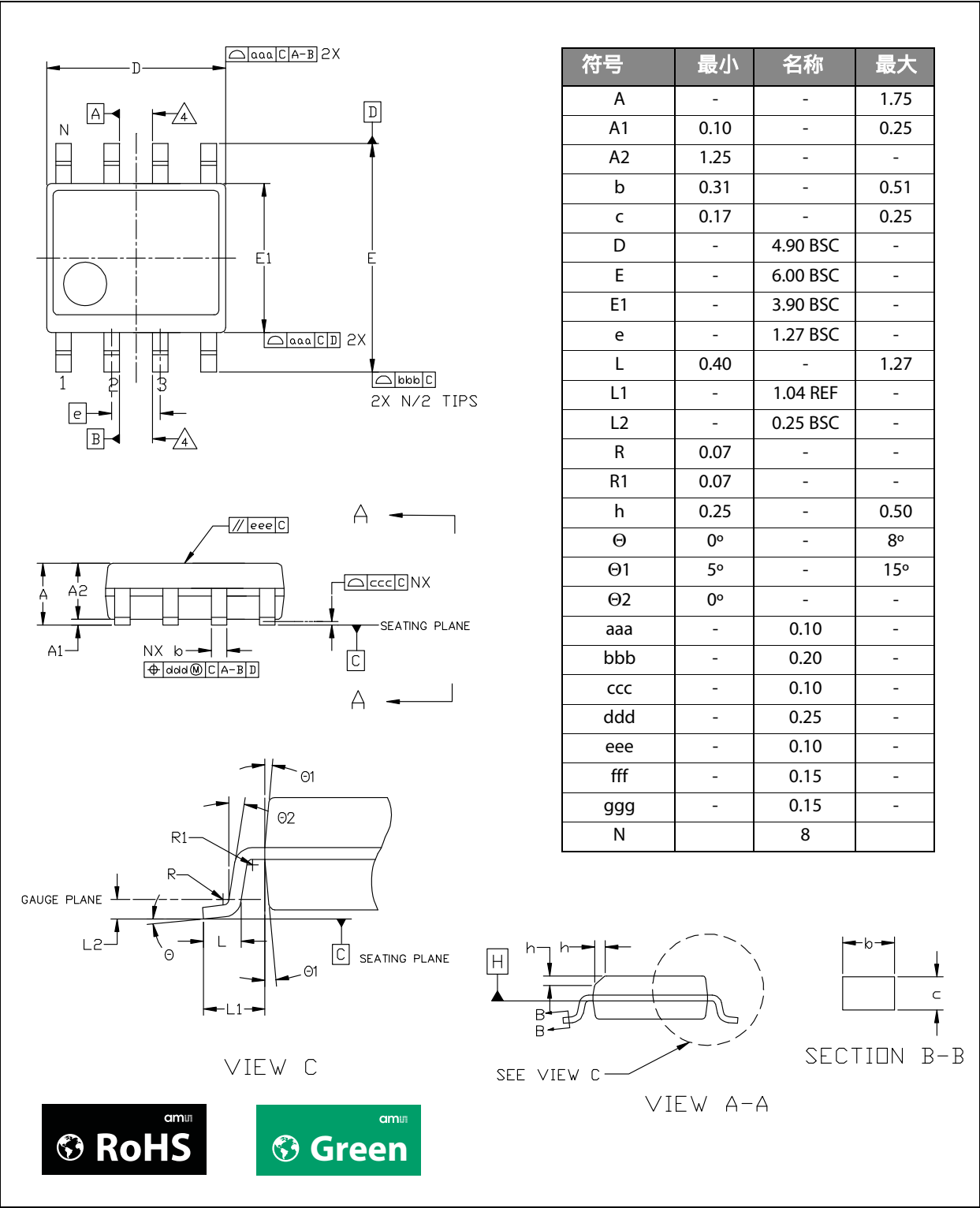


备注

1. 所有尺寸均以毫米为单位。
2. 模具厚度标称 356 μ m。

包装图纸和标记

图 42 :
SOIC8 封装外形图



备注

1. 尺寸和公差符合 ASME Y14.5M-1994。
2. 所有尺寸均以毫米为单位。角度以度为单位。
3. N 是终端总数。
4. 数据 A 和 B 将在数据 H 中确定。

图 43 :
包装标记

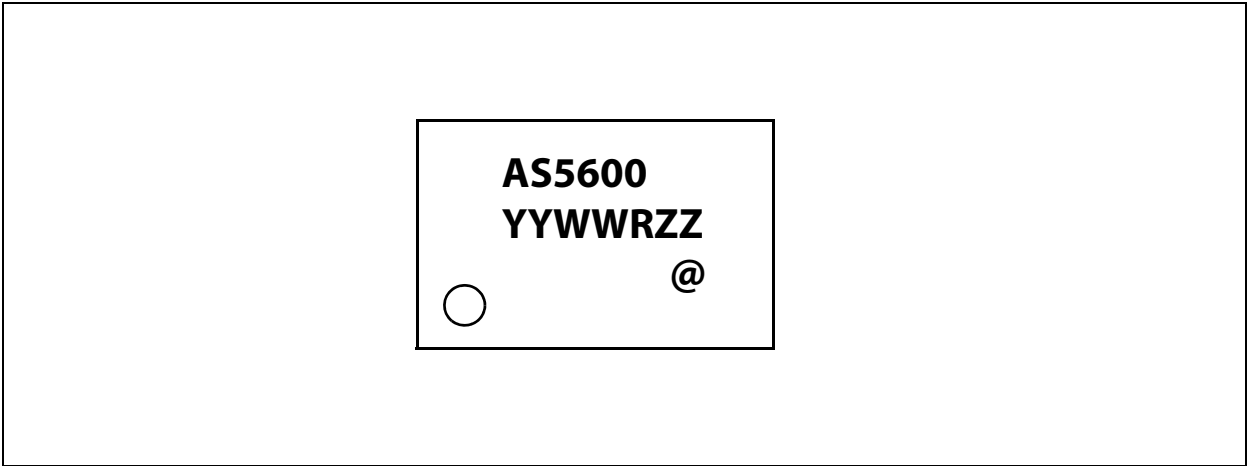


图 44 :
包装代码

YY	WW	R	ZZ	@
生产年份的最后两位数	制造业周	植物识别器	自由选择/ 比赛代码	子槽标识符

订购和联系信息

图 45 :
订购信息

订购代码	包装	标记	交付表	交货数量
AS5600-ASOT	SOIC-8	AS5600	13" 干式包装磁带和卷轴	2500 pcs
AS5600-ASOM	SOIC-8	AS5600	7" 干燥包装磁带和卷轴	500 pcs

在线购买我们的产品或获取免费样品：

www.ams.com/Products

技术支持热线

www.ams.com/Technical-Support

有关本文件的反馈信息，请发送至

www.ams.com/Document-Feedback

如需了解更多信息或提出申请，请发送电子邮件至

ams_sales@ams.com

有关销售办事处、分销商和代表的信息，请访问：

www.ams.com/Contact

总部

ams AG

Tobelbader Strasse 30

8141 Premstaetten

Austria, Europe

电话：+43 (0) 3136 500 0

网站：www.ams.com

符合 RoHS 规范和 ams 绿色声明

RoHS : ams AG 的产品完全符合现行的 RoHS 指令。我们的半导体产品不含所有 6 种物质类别中的任何化学物质，包括均质材料中铅含量不得超过 0.1%（按重量计）的要求。在设计用于高温焊接的情况下，符合 RoHS 规范的产品适用于指定的无铅工艺。

ams Green（符合 RoHS 规范，不含 Sb/Br）: ams Green 的定义是，除符合 RoHS 规范外，我们的产品还不含溴 (Br) 和锑 (Sb) 阻燃剂（Br 或 Sb 在均质材料中不超过 0.1%（重量百分比））。

重要信息：本声明中提供的信息代表了 ams AG 在提供信息之日的知识和信念。ams 股份公司的知识和信念基于第三方提供的信息，对此类信息的准确性不作任何陈述或保证。目前正在努力更好地整合来自第三方的信息。ams AG 已经采取并将继续采取合理措施提供有代表性的准确信息，但可能没有对进货材料和化学品进行破坏性测试或化学分析。ams AG 和 ams AG 供应商将某些信息视为专有信息，因此可能不会公布 CAS 编号和其他有限信息。

版权与免责声明

Copyright ams AG, Tobelbader Strasse 30, 8141 Premstaetten, Austria-Europe. 商标已注册。保留所有权利。未经版权所有人事先书面同意，不得复制、改编、合并、翻译、储存或使用本网站资料。

ams AG 出售的设备受其《一般贸易条款》中的保修和专利赔偿规定的保护。ams AG 不对此处提供的信息做出任何明示、法定、暗示或描述的保证。

ams AG 保留随时更改规格和价格的权利，恕不另行通知。因此，在将本产品设计到系统中之前，有必要向 ams AG 了解最新信息。本产品用于商业用途。对于需要更宽温度范围、特殊环境要求或高可靠性的应用，如军事、医疗生命支持或生命维持设备，如未经 ams AG 针对每种应用进行额外处理，则不建议使用。本产品由 ams AG “按原样”提供，不提供任何明示或暗示的保证，包括但不限于适销性和特定用途适用性的暗示保证。

AMS AG 不对接收方或任何第三方的任何损害负责，包括但不限于人身伤害、财产损失、利润损失、使用损失、业务中断或任何形式的间接、特殊、附带或后果性损害，这些损害与提供、执行或使用此处的技术数据有关或由其引起。AMS AG 提供技术或其他服务不会对接收方或任何第三方产生或产生任何义务或责任。

文件状态

文件状态	产品状态	定义
产品预览	前期开发	本数据表中的信息基于处于开发规划阶段的产品理念。所有规格均为设计目标，不做任何保证，如有变更，恕不另行通知。
初步数据表	前期制作	本数据表中的信息基于处于设计、验证或鉴定开发阶段的产品。 本文件中显示的性能和参数为初步数据，不做任何保证，如有变更，恕不另行通知。
数据表	生产	本数据表中的信息是基于根据《一般贸易条款》中规定的 ams AG 标准保修条款，符合规格的量产产品或全面生产的产品。
数据表（已停产）	已停产	本数据表中的信息基于符合 ams AG 标准保修条款的产品规格，如《一般贸易条款》中所述，但这些产品已被取代，不得用于新设计。

修订信息

从 1-05 (2018-5-18) 到当前修订版 1-06 (2018-6-20) 的变化	页次
更新的图 6	5
更新了 ZPOS/MPOS/MANG 寄存器下的文本	19

备注

- 1. 上一版本的页码和图号可能与当前修订版的页码和图号不同。
- 2. 没有明确提及纠正印刷错误。

内容指南

1	一般说明
1	主要优点和功能
2	应用
2	方框图
3	引脚分配
4	绝对最大额定值
5	电气特性
5	运行条件
6	数字输入和输出
6	模拟输出
7	PWM 输出
7	计时特性
8	磁性特征
8	系统特性
9	详细说明
9	集成电路电源管理
10	I ² C 接口
10	支持的模式
10	I ² C 接口操作
11	I ² C 电气规格
12	I ² C 时序
13	I ² C 模式
13	无效地址
13	阅读
13	自动递增角度、原始角度和方位寄存器的地址指针
13	写作
13	支持的总线协议
15	AS5600 从站模式
15	从属接收器模式 (写入模式)
16	从属发射机模式 (读取模式)
17	SDA 和 SCL 输入滤波器
18	注册说明
19	ZPOS/MPOS/MANG 寄存器
19	CONF 寄存器
19	ANGLE/RAW ANGLE 寄存器
20	STATUS 寄存器
20	AGC 寄存器
20	磁场强度寄存器
20	非易失性存储器 (OTP)
20	刻录角度命令 (ZPOS、MPOS)
21	烧录设置命令 (MANG, CONFIG)
21	角度编程
24	输出级
25	模拟输出模式
27	PWM 输出模式
28	阶跃响应和滤波器设置
30	方向 (顺时针与逆时针)
31	磁滞
31	磁铁检测

31	低功耗模式
31	看门狗定时器
32	申请信息
32	示意图
33	磁性要求
34	机械数据
35	包装图纸和标记
37	订购和联系信息
38	符合 RoHS 规范和 ams 绿色声明
39	版权与免责声明
40	文件状态
41	修订信息