

1. 产品介绍

AH96X 是中科阿尔法采用 3D 技术研发角度和位移霍尔传感器。AH96X 提供线性、比例模拟输出信号。

传统的平面霍尔技术只对垂直于芯片表面的磁场敏感。除了垂直的磁场，AH960 还对平行于芯片表面的磁场敏感。通过将垂直霍尔片和水平霍尔片到标准的 CMOS 工艺中来实现。

传感器单元可以测量三个磁场分量 B_x 、 B_y 和 B_z 。这使得位置检测，如大距离角度或贯穿离轴角测量，成为可能。

片上信号处理单元从 B_x 、 B_y 和 B_z 中的两个磁场分量中计算出角度，并将该值转换为输出信号。基于该测量方法，传感器在指定温度范围内表现出优异的温度稳定性能，可用于精确测量角度和位移。此外，该传感器还具有任意可编程的线性特性，用于线性化输出信号（最多可达 33 个设定点）。

通过编程非易失性存储器，可以调整磁电路的主要特性，如增益和温度依赖的 X/Y 和 Z 通道偏移、参考位置、X/Y-和 Z 信号之间的相位偏移、滞后、低通滤波器频率、输出斜率、偏移和钳位电平。

传感器包含先进的诊断功能，可增强故障安全检测。除了标准检查（如过压和欠压检测以及断线）外，在正常运行期间还会监测内部模块

（如 ROM 和信号路径）。对于具有选定 PWM 输出的设备，错误模式由变化的 PWM 频率和占空比指示。对于 SENT 输出，会传输专用的错误代码。

这些器件专为汽车和工业应用而设计，可在 -40°C 至 150°C 的温度范围内工作。

这些传感器有 SOP8 封装。

2. 产品功能

- 角度和位置测量不受温度和应力的影响
- 0.2 kHz 到 2kHz PWM（最多 12 位）
- 可编程任意输出特性，最多可设置 33 个设定点
- 8 kHz 采样频率
- 工作电压范围为 4.5V 至 5.5V 供电电压
- 在 -40°C 至 150°C 的环境温度下工作
- 通过传感器的输出引脚进行编程
- 可编程一阶低通滤波器
- 在 X/或 Z 通道上可编程迟滞
- 可编程输出增益和偏移
- X/Y 和 Z 通道信号路径增益可编程
- 信号路径的二阶温度依赖偏移可编程为 X/Y 或 Z 通道
- X/Y 通道和 Z 通道之间的相移可编程
- 可编程输出钳位
- 可编程参考位置
- 可编程磁性检测范围
- 传感器不同功能模块的诊断

- 短路保护的推挽输出
- 在 V_{sup} 处的过压和反向电压保护
- V_{sup} 的欠压和过压检测
- 通过上拉或下拉电阻进行断线检测
- EMC 和 ESD 高性能设计

3.应用领域

- 线性运动测量
 - 废气再循环阀位置
 - 离合器踏板位置
 - 气缸和阀门位置传感
- 旋转位置测量
 - 齿轮选择器
 - 节气门阀位置
 - 底盘位置传感器(车身高度控制)
- 摇杆
- 非接触式电位计

目 录

➤ 1. 产品介绍.....	1
➤ 2. 产品功能.....	1
➤ 3. 应用领域.....	2
➤ 4. 产品类别.....	4
➤ 5. 引脚信息.....	4
➤ 6. 功能框图.....	4
➤ 7. 信号路径和寄存器定义.....	6
➤ 8. 绝对最大额定值.....	18
➤ 9. 推荐工作条件.....	19
➤ 10. 特征.....	20
➤ 11. 磁性特性.....	26
➤ 12. 应用说明.....	28
➤ 13. 传感器编程.....	31
➤ 14. 封装信息.....	34
➤ 15. 注意事项.....	35
➤ 16. 历史版本.....	35

4.产品类别

产品型号	霍尔片配置	输出	工作温度	封装	成品包装
AH961	XY 平面	模拟	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH962	XY 平面	PWM	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH963	XY 平面	SENT	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH964	XZ 平面	模拟	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH965	XZ 平面	PWM	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH966	XZ 平面	SENT	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH967	YZ 平面	模拟	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH968	YZ 平面	PWM	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷
AH966	YZ 平面	SENT	-40℃~150℃	SOP8	编带，1500 颗/卷

5.引脚信息

表 1 引脚配置

引脚	引脚名称	类型	描述
SOP8			
1	VSUP	SUPPLY	电源电压引脚
2	Gnd	GND	地线
3	TEST	IN	测试
4	OUT	I/O	推挽输出和编程引脚
5, 6, 7, 8	NC	GND	连接到 GND

6.功能框图

AH960 包括两个垂直和一个水平的霍尔板，具有旋转电流偏移补偿，用于检测 XY 或 Z 磁场分量，一个信号处理器用于计算和调理两个磁场分量，保护装置，以及一个比率线性模拟、PWM 或 SENT 输

出。斩波偏移补偿可以最小化由于电源电压和温度变化以及外部封装应力引起的误差。

AH960 的信号路径由两个通道(CH1 和 CH2)组成。根据产品的变化,三个磁场分量中的两个连接到通道 1 和通道 2 中。

传感器可用于 0° 到 360° 之间的角度测量(轴端和离轴设置),以及用于坚固的位置检测(线性运动或位置)。系统设计师可以利用系统内校准来优化特定系统的性能。校准信息存储在片上 EEPROM 中。

AH960 可以通过输出电压的调制进行编程。不需要额外的编程引脚。

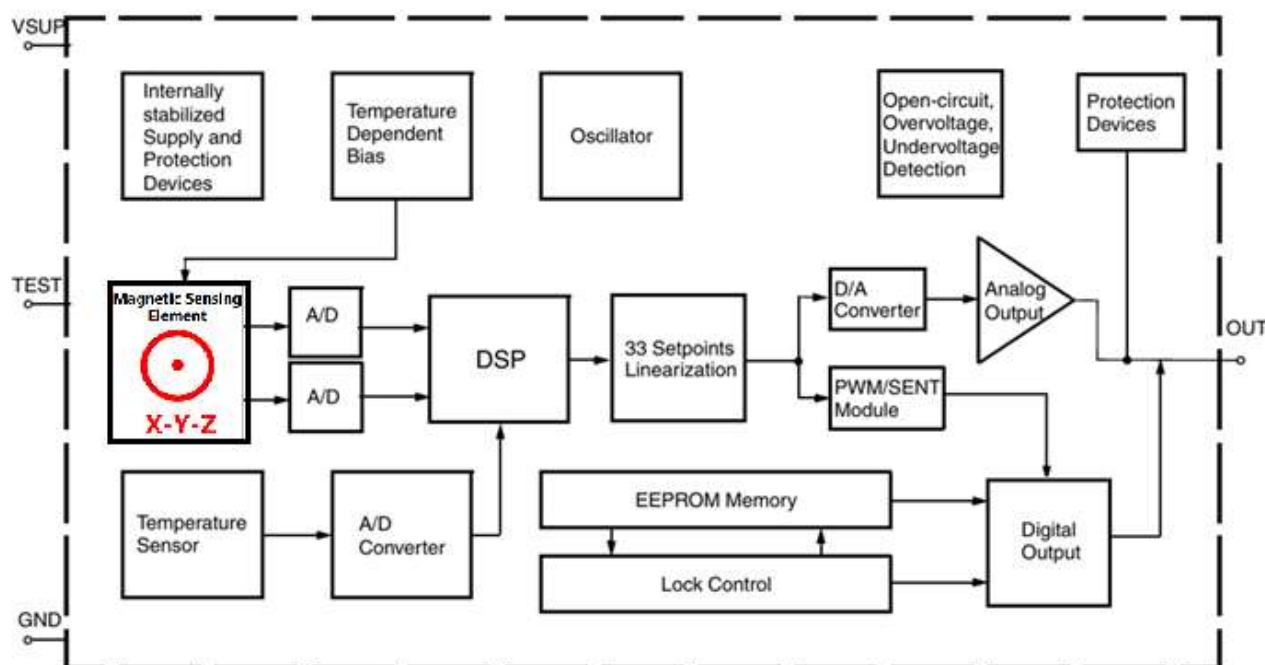


图 1 原理框图

7.信号路径和寄存器定义

7.1 信号路径

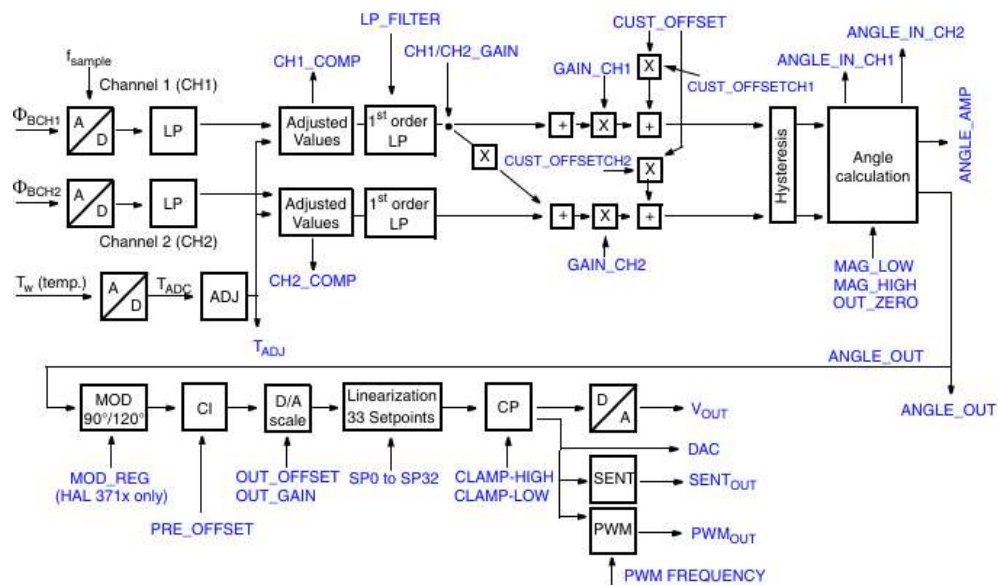


图 2 信号链路径

7.2 寄存器定义

该传感器的 DSP 部分执行信号调理。DSP 的参数存储在 EEPROM/NVRAM 寄存器中。信号路径的详细信息如图 1 所示。

术语:

GAIN: 寄存器或寄存器值的名称

Gain: 参数名称

Blue color: 寄存器名称

传感器信号路径包含两种类型的寄存器：只读寄存器 (RAM) 和可编程寄存器 EEPROM/NVRAM。RAM 寄存器包含信号路径特定步骤的测量数据，而 EEPROM/NVRAM 寄存器则对传感器信号处理产生影响。

7.2.1 RAM 寄存器

TADJ

TADJ 寄存器包含传感器结点温度的数字值。它有 16 位长度，是二进制编码的。从 16 位中，只有 0...32767 之间的范围用于温度信息。通常，温度传感器的校准方式是，在 -40°C 时寄存器值为

100LSB, 在 160° C 时为 12000LSB。

CH1_COMP 和 CH2_COMP

CH1_COMP 和 CH2_COMP 寄存器包含通道 1 和通道 2 的温度补偿磁场信息。这两个寄存器每个都有 16 位长度，并且是二进制补码。因此，寄存器值可以在 -32768.. 32767 之间变化。

CH1 中的角度和 CH2 中的角度

ANGLEIN CH1 和 ANGLEIN CH2 寄存器包含用于角度计算的通道 1 和通道 2 的客户补偿磁场信息。这些寄存器包括已知的客户移相、增益和偏移校正以及滞后。两个寄存器的长度均为 16 位，且采用二进制补码编码。因此，寄存器值可以在 -32768.. 32767 之间变化。

角度输出

ANGLE_OUT 寄存器包含由角度计算算法计算出的位置的数字值。它有 16 位长度，是二进制的。从 16 位中，只有 0... 32767 之间的范围用于位置信息。位置可以是角度位置(角度)，也可以是线性位置测量情况下由两个磁场方向计算出的虚拟角度。

DAC

DAC 寄存器包含输出电压、PWM 输出占空比或 SENT 数据的数字等效值。它有 16 位长度，是二进制的。从 16 位中，只有 0... 32767 的范围内用于位置信息。位置可以是角位置(角度)，也可以是线性位置测量情况下由两个磁场方向计算出的虚拟角度。

角度幅度

ANGLE AMP 寄存器包含由角度计算算法计算出的磁场振幅的数字值。从数学角度来看，振幅可以从通道 1 和通道 2 (X//Z 分量) 的信号中计算得出。

示例：

$$\text{Amplitude} = \sqrt{CH1^2 + CH2^2}$$

角度计算算法在磁振幅方程中添加了一个大约 1.6 的因子。因此，振幅方程定义如下：

$$\text{ANGLE_AMP} \cong 1,6 \times \sqrt{CH1^2 + CH2^2}$$

诊断

DIAGNOSIS 寄存器识别传感器检测到的某些故障。AH960 在传感器通电期间以及在正常运行期间执行

自检。这些自检的结果存储在 DIAGNOSIS 寄存器中。DIAGNOSIS 寄存器是一个 16 位寄存器。

表 2 DIAGNOSIS 寄存器的位定义

位号	功能	描述
15: 10	无	保留
9	DAC 输出高钳位	当达到 DAC 的高钳位值时, 该位设置为 1。
8	DAC 输出低钳位	当达到 DAC 的低钳位值时, 该位设置为 1。
7	Channel 1 Clipping	当通道 1 和/或 2 中的 A/D 转换器检测到欠压或溢出时, 这些位设置为 1。
6	Channel 2 Clipping	
5	DSP 自检	DSP 正在进行内部信号处理, 如角度计算、温度补偿等。 如果 DSP 自检失败, 此位设置为 1。(持续运行)
4	EEPROM 自检	这个位被设置为 1, 以防 EEPROM 自检失败。(在开机或连续运行时执行)。诊断锁存位必须被设置为 1。
3	ROM 检查	如果 ROM 奇偶校验失败, 此位设置为 1。(持续运行)
2	无	保留
1	MAGHI	当磁场超过 MAG-HI 寄存器值(磁场过高)时, 该位设置为 1。
0	MAGLO	当磁场低于 MAG-LOW 寄存器值(磁场太低)时, 该位设置为 1。

程序诊断

PROG DIAGNOSIS 寄存器允许客户识别 EEPROM 或 NVRAM 编程和编写过程中出现的错误。客户必须核对第一张和第二张确认单。在测试行结束标志位时, 必须激活诊断锁存位。为了能够调试生产线, 建议回读 PROG DIAGNOSIS 寄存器和 DIAGNOSIS 寄存器, 以防丢失第二个确认。

PROG DIAGNOSIS 寄存器是一个 16 位寄存器。以下表格显示了表示某些错误可能性的不同位。

表 3 PROG DIAGNOSIS 寄存器的位定义

位号	功能	描述
15: 11	无	保留
10	充电泵错误	如果内部编程电压过低, 此位设置为 1。
9	编程/擦除期间的电压错误	如果在编程或擦除期间内部电源电压过低, 则将此位设置为 1。

8	NVRAM 错误	如果 NVRAM 编程失败，此位设置为 1。
5: 0	编程	这些位用于编程内存。

7.2.2 EEPROM 寄存器

注释 1:

在生产及资格测试中，必须在最终调整和编程后设置锁定位注释。

注释 2:

请参阅产品的用户手册”以获取有关设备寄存器设置/计算和编程的进一步详细信息。

客户 ID

CUST ID1 和 CUSTID2 寄存器均为 16 位结构。这两个寄存器可用于存储客户的生产信息，如序列号、项目信息等。

通道 1/通道 2_GAIN

CH1/CH2_GAIN 可用于补偿通道 1 和通道 2 之间的相位偏移。该寄存器的长度为 16 位。可以进行士 75° 的相位偏移校正。步长以及因此最小可能的校正值为 0.002°。该寄存器采用二进制补码编码，范围从-32768 到 32767。寄存器的值基于正弦函数。

该寄存器的中性值为零(无相位偏移校正)。

注释 3

如果使用了相位偏移校正，那么也有必要调整 GAINCH2 的设置。详情请参考 GAIN CH2 的定义。

GAIN_CH1 和 GAIN_CH2

GAIN CH1 和 GAIN CH2 可用于补偿通道 1 和通道 2 之间的幅度失配。Alfa 提供经过预校准的传感器，其中已补偿通道 1 和通道 2 的增益失配。然而，由于磁路的原因，通道 1 和通道 2 之间的增益可能会出现失配。这可以通过 GAIN CH1 和 GAIN\CH2 进行补偿。

这两个寄存器的长度均为 16 位，且采用二进制补码编码。因此，它们可以取值范围在-32768 到 32767(-2. 2)之间。对于中性设置，两个寄存器的值都必须设为 1(寄存器值 16384)。

在采用相位偏移校正的情况下，还需要调整通道 2 的增益(参见 CH1/CH2_GAIN)。如果采用相位偏移校正，则必须将相应的寄存器设置为

$$\text{GAIN_CH2} = \frac{16384}{\cos(\text{Phase-shift})}$$

注释 4

如果 GAIN CH1 或 GAIN CH2 超出范围 -2.2 (-32768 .. 32767)，那么可以减小相反通道的增益以进行补偿。

客户偏移量

CUST_OFFSET 可用于补偿通道 1 和通道 2 中的偏移。Alfa 提供预校准传感器。然而，由于磁路的原因，通道 1 和通道 2 中可能会出现偏移。这可以用 CUST_OFFSET 来补偿，

客户偏移量也可以具有温度系数，以跟随磁体的温度系数。客户偏移量由一个二阶多项式组成，由三个寄存器 CUST_OFFSET1...3 表示。

客户偏移量可通过选择系数 CUST_OFFSETCH1 和 CUST_OFFSETCH2 添加到通道 1 和/或通道 2。此外，这两个寄存器还可用于在 0% 至 100% 的范围内对温度相关的偏移量进行缩放。

所有五个寄存器每个的位数均为 16 位，且采用二进制补码进行编码。因此，它们可以取值在 32768 到 32767 之间。

滞后

“滞后”定义了角度计算之前，通道 1 和通道 2 上使用的数字代码数量。该寄存器的目的是避免由于通道 1 和通道 2 输入信号的噪声而导致的 ANGLE_OUT 寄存器上的角度变化，进而影响输出信号。该寄存器的长度为 16 位，是两补码数。

可以在 1LSB 和 16383 LSB 之间设置滞后。寄存器值本身必须以负数形式存储。

通过将寄存器值设置为零来停用滞后功能。

输出零点

OUT_Zero 定义了角度输出的基准位置。它可以被设置成输出范围内的任何值。它是 33 个设定点的起点/基准点。OUT_ZERO 的寄存器长度为 16 位，且采用二进制补码编码。

注释 5

在读取角度输出之前，必须将 OUT_ZERO 设置为 0。

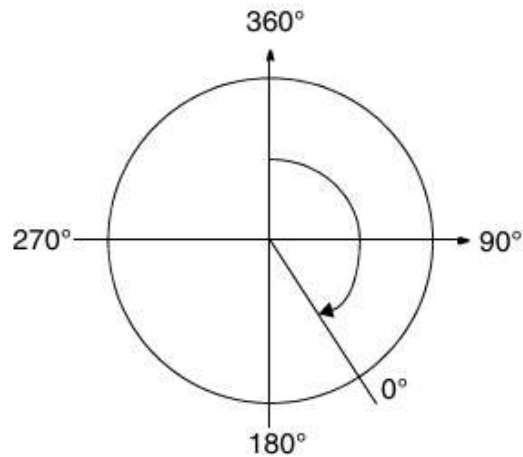


图 3 零度的定义示例

其次，可以利用这个角度将角度计算的 PI 不连续点移动到与所需角度范围最远的位置，以避免因噪声导致的输出值“绕回”到 360°。

预偏移量

PRE_OFFSET 寄存器允许对角度范围进行移位，以避免内部 16 位计算/信号路径发生溢出。

PRE_OFFSET 寄存器的长度为 16 位，并采用两补码编码。

输出_GAIN

OUT_GAIN 定义了输出信号的增益。该寄存器的长度为 16 位，且采用二进制补码编码。OUT_GAIN=1 表示中性设置，当角度从 0° 变化到 360° 时，将导致输出信号从 0% 变化到 100% (如果 OUT_OFFSET 设置为 0)。

OUT_GAIN 可以在-64 和 64 之间变化。

输出偏移量

OUT_OFFSET 定义了输出信号的偏移量。该寄存器的长度为 16 位，且采用二进制补码编码。OUT_OFFSET=0 表示中性设置，当角度从 0° 变化到 360° 时，会导致输出信号从满量程的 0% 变化到 200%。如果设定了 OUT_GAIN 为 1，则会出现这种情况。

OUT_OFFSET 可介于满量程的-200%至 200%之间进行调节。OUT_OFFSET=0 时，电压偏移量为满量程的 0%; OUT_OFFSET=32768 时，偏移量为 V_{sup} 的 -200%。

钳位电平 (CLAMP-LOW 和 CLAMP-HIGH)

夹紧电平 CLAMP LOW 和 CLAMP HIGH 定义了模拟输出的最大和最小输出电压。这些夹紧电平可用于定义传感器输出的诊断范围。两个寄存器的位长均为 16 位，且采用二进制补码。两个夹紧电平可以取值在满量程的 0% 到 100% 之间。

磁性范围检查

磁量检查使用输出值，并将其与由寄存器 MAG-LOW 和 MAG-HIGH 定义的上下限阈值进行比较。如果超过任一低限或高限，传感器将通过输出溢出(输出为高电平)来指示这一状况。

磁场强度低

MAG-LOW 定义了磁场范围检查功能的低电平。该寄存器的长度为 16 位，且为二进制补数。

磁场高限

MAG-HIGH 定义了磁场范围检查功能的高级别。该寄存器的长度为 16 位，且为二进制补数。

低通滤波器

借助 LP Filter 寄存器，可以针对 HAL37xy 选择不同的-3 dB 频率。低通滤波器为 1 阶数字滤波器，该寄存器为 16 位结构。可提供从 4kHz (未加滤波器)到 10Hz 的各种典型滤波器频率。

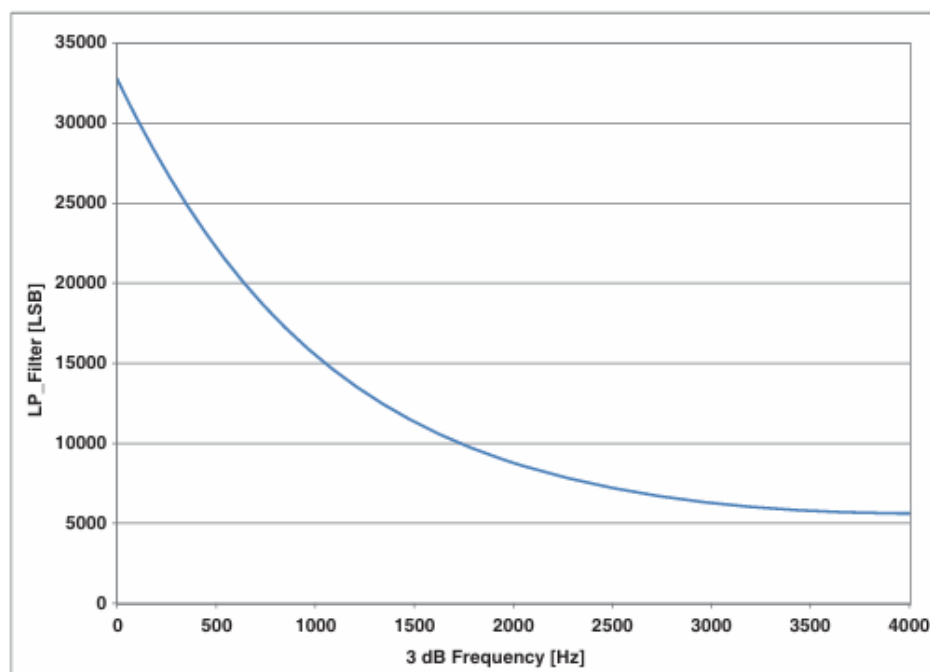


图 4 3dB 滤波器频率与 LP FILTER 代码的关系

模数选择

MODULO Select 寄存器仅在 HAL371x 中可用。通过该寄存器，客户可以在 Modulo90° 和 120° 输出之间进行切换。

7.3 输出线性化

在某些应用场合（例如通过轴向应用或位置测量），需要将输出特性线性化。由此得到的输出特性“值 vs. 角度/位置”并非理想情况下的线性曲线但可以通过应用反非线性补偿曲线来对其进行线性化。

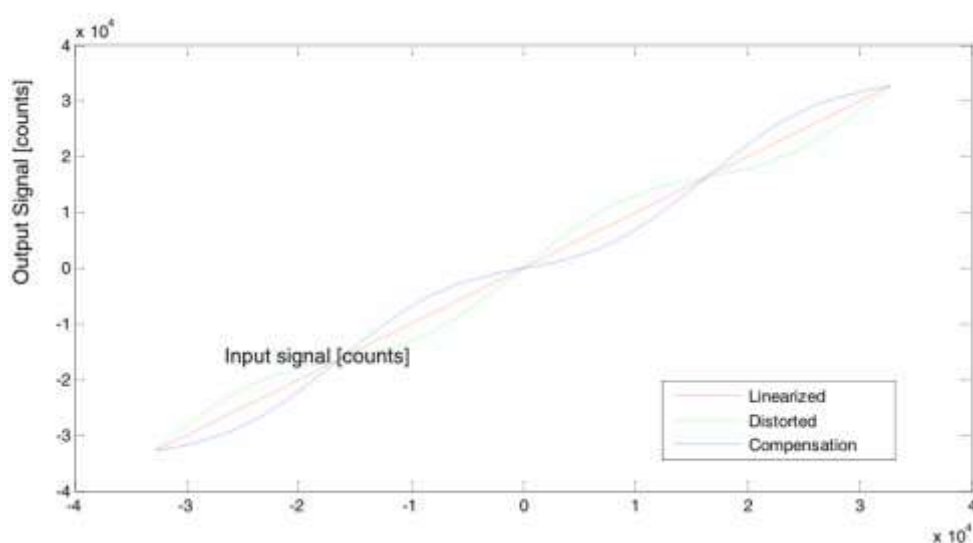


图 5 输出线性化的示例

为此目的，补偿曲线将被划分为 33 段，每段距离相等。每段由两个设定点定义，这些设定点存储在 EEPROM 中。在每一段内，根据其在段内的位置，通过线性内插来计算输出。

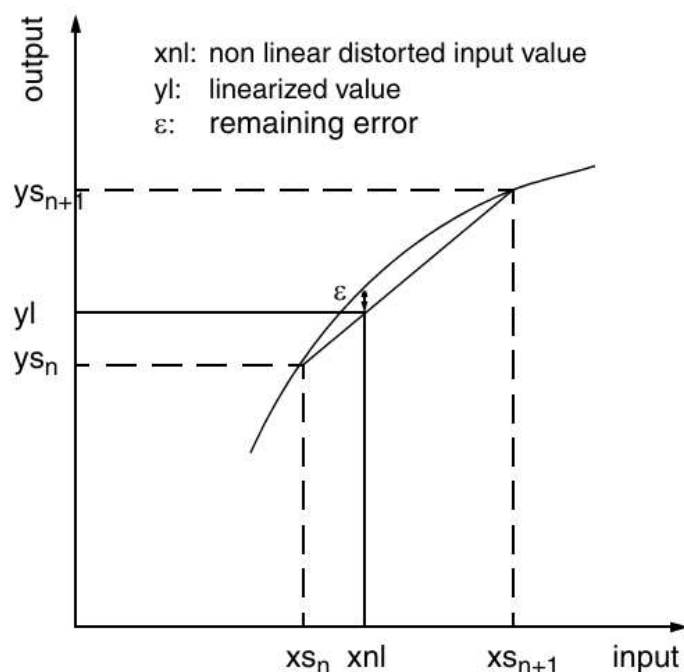


图 6 线性化-详细信息

线性化的约束条件是输入特征必须是单调函数。此外，建议输入没有鞍点或拐点，即输入几乎不变的区域。这将需要高密度的设定点。

进行线性化需要以下步骤：

- 在整个范围内测量输出特性
- 找到反函数(在中轴上点对点镜像图形)
- 对反函数进行样条拟合
- 将设定点位置的数字值插入每个设定点 (0, 1024, 2048, ..., 32768) 的样条拟合函数中。
- 结果值可以直接输入到 EEPROM 中

7.4 NVRAM 寄存器

客户设置

CUST_SETUP 寄存器是一个 16 位寄存器，它使客户能够激活传感器的各种功能，如诊断模式、功能模式、客户锁定、通信协议速度等。

表 4 客户设置注册

位号	功能	描述
----	----	----

15	无	保留
14	EEPROM 自检	EEPROM 自检模式 0:在上电期间运行 1:连续
13	通信速度	通信协议位时钟速庶 0:类型 lms 1:类型 0.25 毫秒
12	数字模式	AH96X 的输出格式 0:PWM 输出 1:发送输出
11: 10	脉宽调制频率	仅定义 AH96X 的 PWM 输出频率 0:1 千赫兹 1:500 赫兹 2:200 赫兹 3:2 千赫(11 位)
9: 8	输出短路检测	0:禁用 1:高低侧过流检测。错误带宽=高:OUT=VsUP 错误带宽=低:OUT=GND 2:高低侧过流检测。误差带=高:OUT=GND 误差带=低:OUT=Vsupply 3:低侧过流检测 OUT=错误情况下三态输入
7	误差带	锁定设备的错误带选择(客户锁位设置)。 0:高误差带(Vsup) 1:低误差带(地) 只要传感器未锁定(客户锁位未设置), 它将始终进入高误差带。
6	烧机模式	0:禁用 1:启用
5	功能模式	0:扩展 1:正常
4	通信模式(输出)	通过输出引脚通信 0:禁用 1:启用
3	过电压检测	0:过电压检测激活 1:过电压检测禁用
2	诊断锁定	诊断位的锁定 0:无锁定 1:锁定到下一个 POR(上电复位)
1	诊断	0:诊断错误迫使输出到误差带(Vsup)

可编程 3D 霍尔角度和位移传感器

		1:诊断错误不会强制输出到误差带(V_{sup})
0	客户锁	位必须设置为 1 以锁定传感器内存

输出短路检测功能用于检测两个传感器输出之间的短路。客户可以定义传感器应如何对检测到的短路发出信号(见上表)。传感器检查输出短路的时间间隔和可检测的短路电流在 4.8 节中定义。第 33 页。

这一特性仅应在一模块内使用两个传感器的情况下使用。如果输出短路检测功能未激活，那么两个传感器将尝试驱动各自的输出电压，而所得电压将处于有效信号范围内

注：输出短路检测功能仅在设置客户锁定位和电源复位后才激活。

7.5 车载诊断功能

AH960 具备两组诊断功能。第一组包含始终处于激活状态的基本功能。第二组可由客户激活，并包括与信号路径和传感器内存相关的监控和自检功能。

始终处于活动状态的诊断功能：

- 电源和地线的断线检测
- 欠压检测
- 输出级的热监控(过流、短路等)
- EEPROM 自检在上电时进行

客户可以激活的诊断功能：

- 连续 EEPROM 自检
- 只读存储器奇偶校验
- 输出信号钳位
- 数字/模拟转换器削波
- 连续 DSP 自检
- 磁性范围检测
- 过压检测

在客户激活诊断模式时，传感器会立即通过将输出信号切换到选定的错误频段来指示故障。客户可以通过设置 CUSTSETUP 寄存器的位号 7(见第 21 页的表格)，来选择输出指向上错误频段还是下错误频段。根据客户设置的参数，输出短路后会被驱动至 V_{SUP} 、GND 或三态状态。

如果热监控检测到温度过高，该传感器会将输出切换到三态状态。如果 V_{sup} 线断开传感器会将输出切换到接地状态；如果 GND 线断开，则切换到 V_{SUP} 状态。

7.6 发送输出

AH96X 的 SENT (单边沿 Nibble 传输) 接口是根据 SAEJ2716 发布 2010-01 实施的。

图 7-6 展示了通用 SENT 协议格式。每次传输都以一个低电平脉冲开始。传感器以一系列脉冲的形式传输信号，通过落沿之间的时间间隔来评估数据内容。

SENT 电报由同步/校准周期、状态和通信字节、三个数据字节以及 CRC 字节和暂停周期组成。有关电报的定时参数，请参阅第 33 页第 4.8 节。

SENT 协议中的所有定时值都参考时钟滴答时间 t_{tick} —

重置后，输出为低电平。传输以低电平的同步阶段脉冲开始 (图 7-6)。每个低电平脉冲具有由参数 t_{nlow} 指定的相同长度。同步周期始终具有恒定的时钟周期长度。时钟变化包含在参数 t_{sync} —中。接下来的状态和数据 nibble 总是以低电平脉冲开始，其长度由参数 t_{nlow} 确定。状态 t_{stat} 、数据 t_{d3} 、2、1 和 CRC t_{erc} 的 nibble 高时间取决于传输的值。因此，SENT 消息的传输时间取决于 t_{tick} 时间和消息所传输的值。

为了使 SENT 消息与测量采样率同步，增加了一个额外的暂停时间，在校验和结束后发送。

发送一条消息所需的时间计算如下：

$$t_{message} = t_{sync} + t_{stat} + t_{d3} + t_{d2} + t_{d1} + t_{erc}$$

校验和 nibble 仅是对数据 nibble 进行 4 位 CRC 计算。状态与通信 nibble 不包括在 CRC 计算中。CRC 计算使用多项式 $x^4+x^3+x^2+1$ ，初始值设为 5。有关 CRC 的进一步实现细节，请参阅 SAEJ2716。根据 SAE J2716 的建议，除了用于 CRC 计算的 3 个数据字节外，还额外添加了一个要字节。这是为了防止在最后的数据字节和校验和中出现常见错误而采取的一项安全措施。

在 AH96x 中，传输的数据位是根据 DAC 寄存器值生成的。已实施了特殊数据代码，用于通过 SENT 接口指示错误。角度或线性位置信息被编码在信号范围内，该范围在 12 位中为 2...4087LSB。表 7-4 概述了数据位的内容。

表 5 Data Nibble Content SENT

12 位值	定义
4092 到 4095	保留

4091	设备错误:设备在自检中失败 (EEPROM、ROM、DSP、过压)
4090	信号路径错误:MAG-HIGH 或-LOW 超出, 通道 1 或 2 的溢出或削波
4089	保留
4088	钳位-高: 信号范围超出上限
2 到 4087	角度或位置信息
1	钳位低: 信号范围下限违规
0	初始化期间-上电

在传感器初始化时间之后启动 SENT 协议, 以确保上电后数据的有效性。

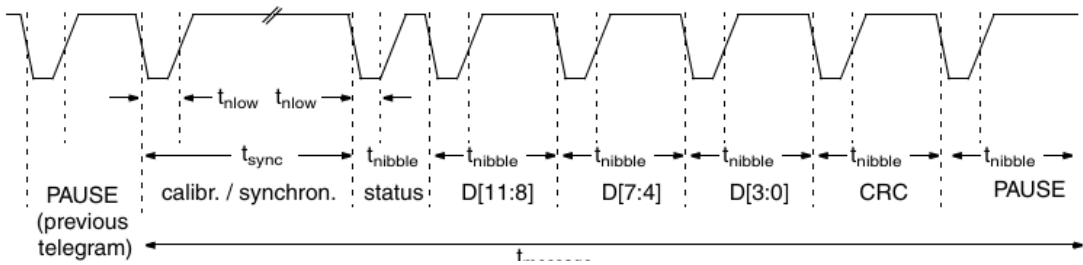


图 7 发送协议格式, 包含 3 个数据位和暂停周期

8.绝对最大额定值

超出“绝对最大额定值”范围内的应力可能会对器件造成永久性损坏。此应力额定值仅作为参考, 并不意味着器件在这些条件下能够正常运行。长时间暴露于绝对最大额定值条件下将影响器件的可靠性。

该设备包含电路, 用于保护输入端和输出端免受高静电电压或电场造成的损害;但建议采取常规预防措施, 避免对这条高阻抗电路施加高于绝对最大额定电压的电压。

所有列出的电压均以地 (GND) 为参考。

表 6 绝对最大额定值

符 号	参 数	最小值	最大值	单 位	条件
V _{SUP}	供电电压	-20	20	V	t<1hr ³⁾
V _{OUT}	输出电压	-6	20	V	t<1hr ³⁾

$V_{OUT}-V_{SUP}$	输出电压超过电源电压的倍数	-	2	V	
I_{OUT}	连续输出电流	-10	10	mA	
T_J	偏置下的结温	-50	190	°C	1) 3)
T_A	环境温度	-40	160	°C	4)
$T_{storage}$	运输/短期存储温度	-55	150	°C	仅设备，无包装材料
B_{max}	磁场	-	-	T	
V_{ESD}	静电放电保护	-4	4	kV	2) 3)

- 1) 对于 96 小时-请与 TDK-Micronas 联系以获取其他温度要求
 2) AEC-Q100-002 100 pF 和 1.5 kΩ
 3) 无累积应力
 4) 考虑当前功耗、安装条件(如覆模、封装)以及 T_A 在 T_i 条件下的安装情况。

9.推荐工作条件

该设备在“推荐工作条件/特性”中未指明的功能操作是不包含在内的，可能会导致不可预测的行为，并降低设备的可靠性和使用寿命。

所有列出的电压均以地 (GND) 为参考。

表 7 推荐工作条件

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单 位	条件
V_{SUP}	供电电压	4.5 5.7	5 6.0	5.5 6.5	V	正常操作 编程期间
I_{OUT}	连续输出电流	-1.2	-	1.2	mA	$t < 1hr^{3)}$
R_L	负载电阻	5	10	-	kΩ	
C_L	负载电容	0.33	47	330	nF	
N_{PRG}	存储器编程周期数 ¹⁾			100	cycles	$0^{\circ}C < T_{amb} < 55^{\circ}C$
B_{AMP}	推荐磁场振幅	±20		±100	mT	4)
T_J	结温 ²⁾	-40		170	°C	for 1000 hrs
T_A	环境温度 ³⁾	-40		150	°C	

- 1) EEPROM 分为三组。每组最多包含 32 个地址。不允许只对三组中的某一组中的一个地址进行编程，因为如果要编程一个单独的地址，则必须对整个组进行编程。
- 2) 取决于应用的温度分布。
- 3) 考虑当前功耗、安装条件(如覆模、封装)以及 TA 与 T 相关的安装情况。

注:此外，该传感器还可在低至±5mT 的磁场下运行。当磁场低于±20mT 时，传感器的性能将有所下降。

10.特征

在 TA=-40℃C 至 150℃的范围内，Vsup=4.5V 至 5.5V，GND=0V，在对该传感器进行编程和锁定后，在推荐的运行条件下，除非在“条件”列中有其他说明。
Tj=25℃和 V_s=5V 的典型特性。

表 8 典型工作状态

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
I _{SUP}	温度范围内的供电电流	—	8	13	mA	
	分辨率 ¹⁾	—	12		bit	
t _{startup}	启动时间 ²⁾	—		1.7	ms	
过电压和欠电压检测						
V _{SUP, UV}	欠压检测级别	3.9	3.9	4.3	V	功能模式:正常客户设置寄存器位 5
		3.1	3.7	4.1	V	功能模式:扩展 CUST_SETUP 寄存器位 5
V _{SUP, UVhyst}	欠压检测水平迟滞 ²⁾	—	200	—	mV	
V _{SUP, OV}	过电压检测水平	5.6	6.2	6.9	V	功能模式:正常
		8.5	9.5	10.4	V	功能模式:扩展 CUST_SETUP 寄存器位 5
V _{SUP, OVhyst}	过电压检测水平迟滞 ²⁾	—	225	—	mV	
错误检测情况下的输出电压						
V _{SUP, DIAG}	获得定义的输出电压电平所需的电源电压(下限)		2.3		V	

$V_{Error, Low}$	下误差带 2 的输出电压范围	0		4	$\%V_{SUP}$	$V_{SUP} > V_{SUP, DIAG}$ 诊断模拟输出 $5k\Omega \leq R_L \leq 200k\Omega$
$V_{Error, High}$	上误差带 2 的输出电压范围	96		100	$\%V_{SUP}$	$V_{SUP} > V_{SUP, DIAG}$ 诊断模拟输出 $5k\Omega \leq R_L \leq 200k\Omega$
1) 设计保证 2) 根据小样本量进行表征, 未进行测试						

表 8 典型工作状态

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
输出短路检测参数						
t_{OCD}	过流检测时间 ²⁾	—	128		μs	
$t_{Timeout}$	无过流检测的时间段 ²⁾	—	256		ms	
I_{OVC}	可检测输出短路电流 ²⁾	—	10		mA	功能模式: 正常客户 设置寄存器位 5
模拟输出						
t_{OSD}	整体信号延迟 ¹⁾	—	0.312	0.343	ms	从磁场输入到传感器 输出的总信号延迟。 基于 8 kHz 采样频率
DNL	D/A 转换器的差分非线性	-3	0	3	LSB	
E_R	输出温度变化下的比例误差	-0.12	0	0.12	%	在 $V_{OUT}=10\%$ 和 90% V_{SUP} 时, [$V_{OUT5}-V_{OUT4.5}+V_{OUT5.5}-$ V_{OUT5}] 的最大值
INL	D/A 转换器的非线性	-0.1	0	0.1	%	占电源电压的百分比
ΔV_{OFFSET}	D/A 转换器在温度范围内的偏移漂移与 $25^{\circ}C$ 相关 ²⁾	-0.2	0	0.2	$\%V_{SUP}$	$V_{SUP} > V_{SUP, DIAG}$ 诊断模拟输出 $5k\Omega \leq R_L \leq 200k\Omega$
V_{OUTH}	输出高电压 ³⁾	93	—	—	$\%V_{SUP}$	$R_L Pull-up/-down$ $=5k\Omega$
V_{OUTL}	输出低电压 ³⁾			7	$\%V_{SUP}$	$R_L Pull-up/-down=$ $5k\Omega$

ΔV_{OUTCL}	在温度范围内钳位低电压下的输出电压精度 ²⁾	-30	0	30	mV	$R_L \text{ Pull-up/-down} = 5k\Omega$ $V_{SUP} = 5V$
ΔV_{OUTH}	在温度范围 2) 内钳位高压下输出电压的精度	-30	0	30	mV	
OUT_{Noise}	输出噪声均方根值 ^{2) 5)}	-	2	5.2	mV	输出范围 10%到 90%
R_{OUT}	推荐工作范围内的输出电阻	-	1	10	Ω	$V_{OUTLmax} \leq V_{OUT} \leq V_{OUTHmin}$

1) 设计保证

2) 在小样本量上进行了表征，未进行测试。

3) 具有完全准确性的信号带区域位于 V_{OUTL} 和 V_{OUTH} 之间。传感器的准确性在 V_{OUTL} 以下和 V_{OUTH} 以上会降低。5) 4kHz 数字低通滤波器 (LP-滤波器=关闭) : $\pm 20mT$ 最小磁场振幅: $f_{BW}=22.5kHz$

表 8 典型工作状态

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
输出短路检测参数						
t_{OCD}	过流检测时间 ²⁾	-	128		μs	
$t_{Timeout}$	无过流检测的时间段 ²⁾	-	256		ms	
I_{OVC}	可检测输出短路电流 ²⁾	-	10		mA	功能模式: 正常客户 设置寄存器位 5
模拟输出						
t_{OSD}	整体信号延迟 ¹⁾	-	0.312	0.343	ms	从磁场输入到传感器 输出的总信号延迟。 基于 8 kHz 采样频率
DNL	D/A 转换器的差分非线性	-3	0	3	LSB	
E_R	输出温度变化下的比例误差	-0.12	0	0.12	%	在 $V_{OUT}=10\%$ 和 90% V_{SUP} 时, [$V_{OUT5}-V_{OUT4.5}+V_{OUT5.5}-V_{OUT5}$] 的最大值
INL	D/A 转换器的非线性	-0.1	0	0.1	%	占电源电压的百分比
ΔV_{OFFSET}	D/A 转换器在温度范围内的偏移漂移与 $25^\circ C$ 相关 ²⁾	-0.2	0	0.2	% V_{SUP}	$V_{SUP} > V_{SUP, DIAG}$ 诊断模拟输出 $5k\Omega \leq R_L \leq 200k\Omega$
V_{OUTH}	输出高电压 ³⁾	93	-	-	% V_{SUP}	$R_L \text{ Pull-up/-down} = 5k\Omega$
V_{OUTL}	输出低电压 ³⁾			7	% V_{SUP}	$R_L \text{ Pull-up/-down} =$

						5k Ω
ΔV_{OUTCL}	在温度范围内钳位低电压下的输出电压精度 ²⁾	-30	0	30	mV	R_L Pull-up/-down=5k Ω $V_{SUP} = 5V$
ΔV_{OUTH}	在温度范围 ²⁾ 内钳位高压下输出电压的精度	-30	0	30	mV	
OUT_{Noise}	输出噪声均方根值 ²⁾⁵⁾	-	2	5.2	mV	输出范围 10%到 90%
R_{OUT}	推荐工作范围内的输出电阻	-	1	10	Ω	$V_{OUTLmax} \leq V_{OUT} \leq V_{OUTHmin}$

1) 设计保证

2) 在小样本量上进行了表征，未进行测试。

3) 具有完全准确性的信号带区域位于 V_{OUTL} 和 V_{OUTH} 之间。传感器的准确性在 V_{OUTL} 以下和 V_{OUTH} 以上会降低。5) 4kHz 数字低通滤波器 (LP-滤波器=关闭) : $\pm 20mT$ 最小磁场振幅: $f_{BW}=22.5kHz$

表 8 典型工作状态

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
开路检测						
V_{OUT}	开路时 V_{sup} 线的输出电压	-	128		μs	
V_{OUT}	开路 GND 线的输出电压	-	256		ms	
I_{ovc}	可检测输出短路电流 ²⁾	-	10		mA	功能模式: 正常客户 设置寄存器位 5
AH96x (数字输出)						
V_{OUTH}	输出高电压	4.8	4.9		V	$V_{SUP}=5V$ R_L Pull-up/-down=5k Ω
V_{OUTL}	输出低电压		0.1	0.2	V	$V_{SUP}=5V$ R_L Pull-up/-down=5k Ω
			0.4	0.65	V	²⁾ $V_{SUP}=5V$ R_L Pull-up=1k Ω
t_{rise}	数字输出上升时间 ²⁾		0.2	0.4	μs	$V_{SUP}=5V$, R_L Pull-up=1k Ω , $C_L=1nF$
t_{fall}	数字输出下降时间 ²⁾		0.25	0.4	μs	$V_{SUP}=5V$, R_L Pull-up=1k Ω , $C_L=1nF$
$R_{OUT DIG}$	数字上拉驱动器的导通		100	200	Ω	

	电阻					
PWM 输出						
tstartup	启动时间		1.3	1.7	ms	
tosD	整体信号延迟 ¹⁾		0.312	0.343	ms	从磁场输入到传感器输出的总体信号延迟。需加选定的 PWM 频率的传输时间。基于 8kHz 的采样频率。
OUTNoise	输出噪声均方根值 ²⁾⁵⁾		0.05	0.13	%	输出范围 100%直流电
fPWM	PWM 频率	1800 900 450 180	2000 1000 500 200	2200 1100 550 220	Hz	客户可编程
JPWM	均方根 PWM 抖动 ²⁾		1	2	LSB ₁₂	f _{PWM} =1kHz
1) 设计保证 2) 在小样本量上进行表征，未进行测试。 4) RL 可以是上拉或下拉电阻。 5 4kHz 数字低密度滤波器 LR-滤波器=off: +20mT 最小磁场温度: f _{VW} =22.5kNZ						

表 8 典型工作状态

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
发送输出						
tstartup	启动时间		1.3	1.7	ms	
ttick	时钟滴答时间		2.75		μs	
tnlow	低时钟周期时间		5		ttick	
tsync	校准/同步周期		56		ttick	
tnibble	状态和通信 Nibble、数据 Nibble 和 CRCNibble 周期			27	ttick	tnibble = 12 + [status data CRC]
tmessage	消息时间	116		176	ttick	
tpause	暂停周期时间	12		70	ttick	
SOP8 Package						



Rthja	结到空气的热阻 ¹⁾			115	K/W	使用 1S1P 板确定
				110	K/W	使用 2S2P 板确定
Rthjc	结到壳的热阻 ¹⁾			33	K/W	使用 1S1P 板确定

1) (自加热计算见第 5.1 节)

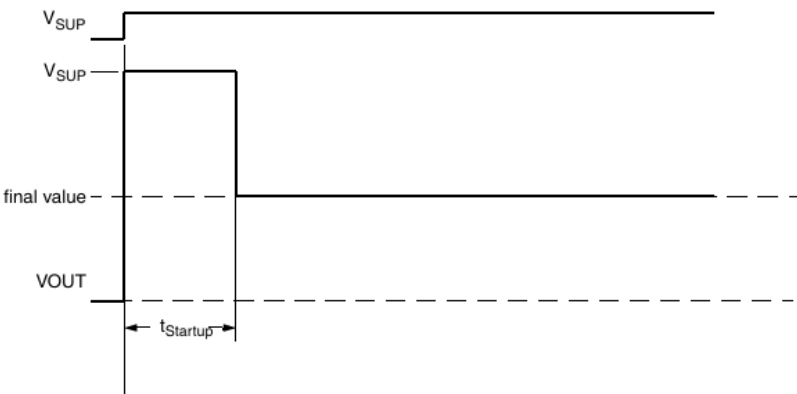


图 8 POR 定时

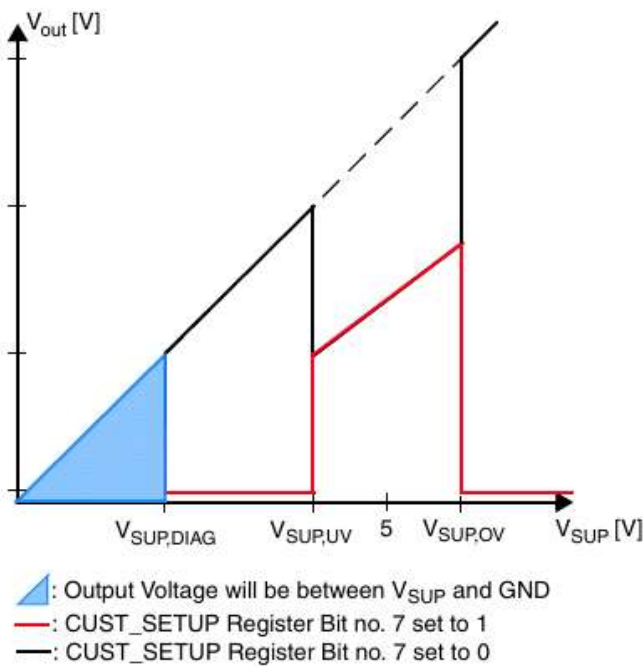


图 9 不同 V_{SUP} 下 AH96X 的行为

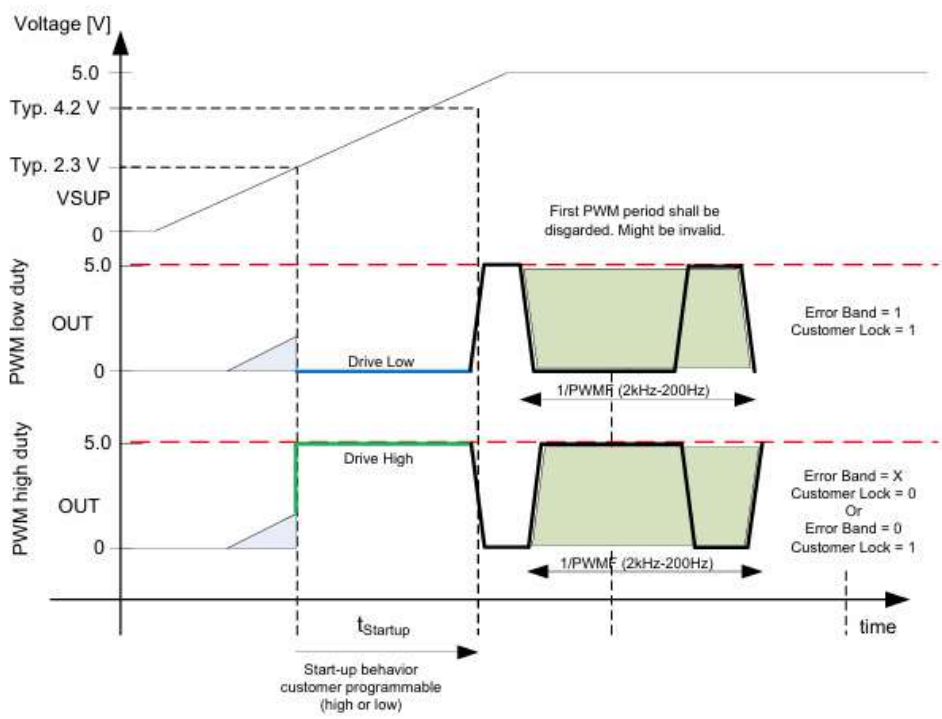


图 10 AH96X 在 PWM 输出时的启动行为

11.磁性特性

在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 150°C 的范围内， $V_{\text{sup}}=4.5\text{V}$ 至 5.5V ， $\text{GND}=0\text{V}$ ，在对该传感器进行编程和锁定后，在推荐的运行条件下，除非在“条件”列中有其他说明。
 $T_J=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{\text{sup}}=5\text{V}$ 的典型特性。

表 9 磁性特性

符号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
Θ_{RANGE}	可检测角度范围	0		360	°	
Θ_{res}	角度分辨率			0.09	°	$(360^{\circ}/4096)$
$E_{\Theta\text{linxy}}$	XY 角度线性误差 (在 CORDIC 滤波器输出上)	-0.5		0.5	°	Min. $B_{\text{AMP}}=\pm 30\text{mT}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}^{(1)(2)}$
$E_{\Theta\text{linxy}}$	温度变化下的 X/Y 角度线性误差 (在 CORDIC 滤波器输出上)	-1.2		1.2	°	Min. $B_{\text{AMP}}=\pm 30\text{mT}^{(1)(2)}$
		-1.7		1.7		Min. $B_{\text{AMP}}=\pm 20\text{mT}^{(1)(2)}$
$\text{ASM}_{\text{mx/Y_Z}}$	X/Y 和 Z 通道之间原始信号的绝对灵敏度失配	-3 -10		3	%	$T_A=25^{\circ}\text{C}^{(1)}$

Sense _{XYZ}	X/Y 和 Z 霍尔的灵敏度	118	128	138	LSB/ mT	T _A =25°C ¹⁾
SM _{mX/Y_Z}	X/Y 通道和 Z 通道之间校准信号的热敏感性不匹配漂移	-2.5		2.5	%	在全温度范围内与 25°C 相关联 ¹⁾
SM _{mXY}	X 和 Y 通道之间校准信号的热灵敏度不匹配漂移	-2		2	%	在全温度范围内与 25°C 相关联 ¹⁾
Offset _{XY}	X 或 Y 通道校准信号的偏移	-20		20	LSB ₁₅	T _A = 25°C ¹⁾ 可以在客户应用中补偿
Offset _Z	Z 通道校准信号的偏移	-12		12	LSB ₁₅	T _A = 25°C ¹⁾ 可以在客户应用中补偿
ΔOffset _{XY}	X 或 Y 通道校准信号的偏移漂移	-70		70	LSB ₁₅	在全温度范围内与 25°C 相关联 ¹⁾
ΔOffset _Z	Z 通道校准信号的偏移漂移	-10		10	LSB ₁₅	在全温度范围内与 25°C 相关联 ¹⁾
ΔSM _{mXYZlife}	X 或 Y 通道与 Z 通道之间校准信号的相对灵敏度不匹配漂移在使用寿命期间		1.3		%	after 1000h HTOL ¹⁾
ΔOffset _{XYlife}	X 或 Y 通道校准信号的偏移漂移		30		LSB ₁₅	after 1000h HTOL ¹⁾
ΔOffset _{Zlife}	Z 通道校准信号的偏移漂移		5		LSB ₁₅	after 1000h HTOL ¹⁾

1) 基于样本进行表征，使用三倍标准差值，而不是对每个设备进行测试

2) 基于表征计算角度误差，而不是单个误差的总和

图 11 : 在完整的温度范围内，角度误差与磁场强度之间的关系，适用于使用 X 和 Y 磁场分量的设备 (用于数字输出)

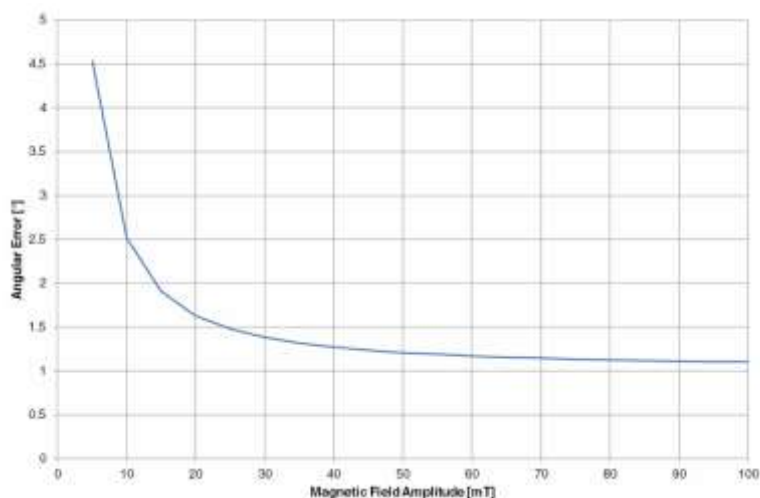


图 11 在全温度范围内，角度误差与磁场强度之间的关系

12.应用说明

12.1 环境温度

由于内部功耗，硅芯片上的温度(结温 T_J) 高于封装外的温度(环境温度 T_A)。

$$T_J = T_A + \Delta T$$

最大环境温度是功率损耗、最大允许芯片温度和结点至环境热阻 (R_{thja}) 的函数。在最大工作电源电压为 5.5 V 的情况下，每个芯片的功率损耗为 0.0825 W。结点至环境热阻 R_{thja} 在第 10 节中进行了规定。

结与环境空气温度之间的差异由以下公式表示

在静态条件和连续操作下，以下方程适用：

$$\Delta T = P * R_{thjx}$$

X 表示结到空气或外壳点。

注：该设备计算出的自热效应仅适用于 R_{th} 测试板。根据应用设置的不同，在应用环境中的最终结果可能会与这些值有所不同。

12.2 EMC 和 ESD

如需了解有关 EMC 和 ESD 结果的详细信息，请联系中科阿尔法。

12.3 应用电路

为了进行电磁兼容性 (EMC) 保护，建议分别在接地与电源电压之间、以及输出电压引脚之间各连接一

个 47nF 的电容。

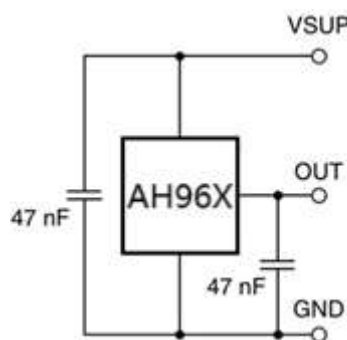


图 12 模拟输出下的推荐应用电路

12.4 HAL 3711 和 HAL373x 的应用电路

PWM 输出

在采用 PWM 输出模式的情况下，建议在接地与电源电压之间连接一个 47nF 的电容，在输出引脚与接地之间连接一个 1nF 的电容，以进行电磁兼容性保护。

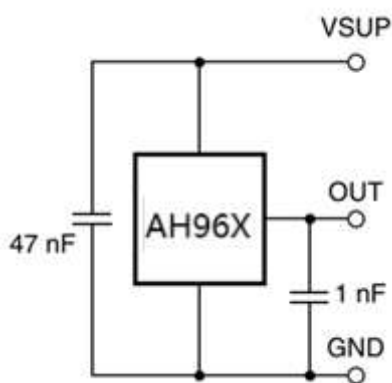


图 13 AH96X 在 PWM 模式下的推荐应用电路

发送输出

在 SENT 输出模式下，建议在接地与电源电压之间连接一个 47nF 的电容，并在输出引脚处设置一个滤波结构，以提供电磁兼容性保护，同时确保输出斜坡率符合 SENT 标准。

已测试以下两种设置：

-C01=180pF, C02=2.2nF, R01=120Ω

-C01=180pF, C02=3.3nF, R01=180Ω

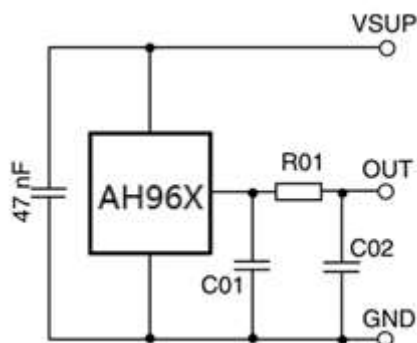


图 14: AH96X SENT 输出的推荐应用电路

12.5 测量 AH96x 的 PWM 输出信号

对于 PWM 输出，磁场信息被编码在 PWM 信号的占空比中。占空比定义为 PWM 信号的高时段“s”与周期“d”的比值(见图 15)。

注: PWM 信号随着上升沿而更新。因此，为了进行信号评估，触发电平必须是 PWM 信号的上升沿。

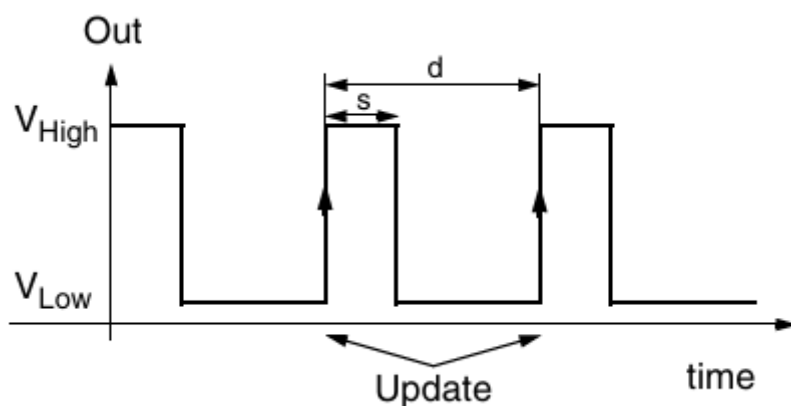


图 15 PWM 信号的定义

12.6 推荐的焊盘尺寸 SOP8 封装

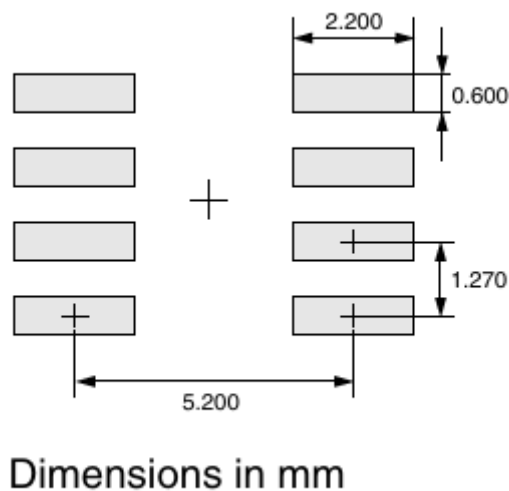


图 16 推荐的焊盘尺寸

13. 传感器编程

AH96X 具备两种不同的客户模式。在“应用模式”下，传感器提供比率式模拟输出电压或数字输出信号 (PWM 或 SENT)。在“编程模式”下，可以更改传感器的寄存器设置。

通电后，传感器始终处于应用模式。通过向传感器输出引脚发送脉冲，可以将其切换到编程模式

13.1 编程接口

在编程模式下，通过调制传感器输出引脚上的串行电文，可以操作 AH960。两个传感器均通过输出电压的调制来响应。

逻辑“0”被编码为位时间内无电平变化。逻辑“1”被编码为通常为位时间 50% 的电平变化。每个位后都会发生一次电平变化 (见图 17)。

串行电报用于从传感器传输 EEPROM 内容、错误码和角度信息的数字值，并用于向传感器发送这些数据。

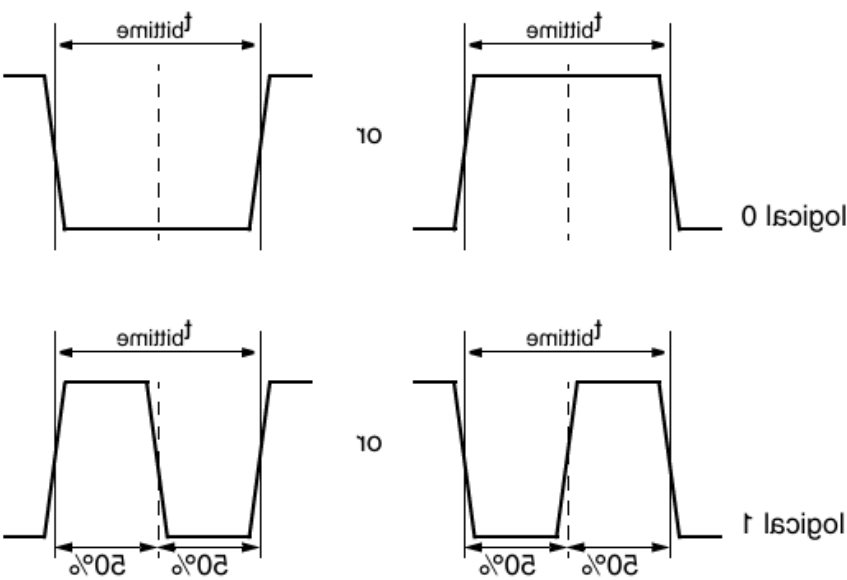


图 17 逻辑 0 和 1 位的定义

表 10 电报参数(所有电压均参考地)

符 号	参 数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
VOUTL	通过传感器输出引脚编程期间的低电平输出电压	0 0		0.2*V _{SUP} 1	V V	V _{SUP} =5V
VOUTH	通过传感器输出引脚编程期间的输出高电平电压	0.8*V _{SUP} 4		V _{SUP} 5.0	V V	V _{SUP} =5V
V _{SUP} Program	EEPROM 和 NVRAM 编程所需的电压(在编程期间)	5.7		6.5	V	通过输出引脚进行双向通信的供电电压，以及通过供电电压调制进行的三线通信的供电电压。
t _{bitim}	协议位时间	900 225	1000 250	1100 275	μs μs	客户可编程， T _J =25°C 客户设置的第 13 位=0 客户设置的第 13 位=1
	爬升率		2		V/μs	

13.2 编程环境和工具

在产品开发过程中，针对 AH960 的编程，可根据需求提供包含硬件和软件在内的编程工具。建议使用米科纳斯的工具包 (USB 工具包和 Lab View 编程环境) 以简化产品开发过程。编程序列的详细信息也可根据需求提供。

13.3 编程信息

在进行生产和鉴定测试时，必须将“LOCK”位设为 1，同时将“POUT”位设为 0，此步骤是在对 AH960 进行最终调整和编程后必须执行的。

在锁定设备之前，建议回读所有寄存器值，以确保所需数据已正确存储在传感器的存储器中。此外，也可以将传感器的输出信号与预期输出行为进行交叉比对。

通过在锁定后读取 LOCK 位的状态，可以检查锁定过程的成功。

同样必须检查每次写入和存储序列后的确认信号 (第一和第二)，以验证传感器的编程是否成功。此外，必须设置诊断锁存位，以确保编程错误由第确认信号指示。此外，对于 HAL3711 和 HAL373x，必须将 CLAMP-LOW 设置为 100%。在设备正常运行期间，必须将该位重置为 0，以避免意外错误指示。为了启用生产线的调试，建议在出现缺失第二确认信号的情况下读回 PROG DIAGNOSIS 寄存器及 DIAGNOSIS 寄存器。请查阅 HAL/HAR37xy 编程指南，以获取进一步详情。

静电放电 (ESD) 可能会干扰编程脉冲。请采取预防措施防止 ESD。

14.封装信息

14.1 轮廓尺寸

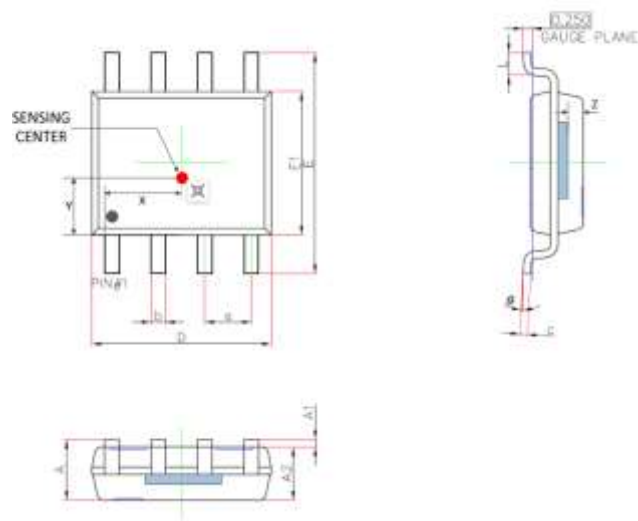


图 18 封装尺寸（单位：mm）

符号	尺寸（毫米）		尺寸（英寸）	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.201
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1	3.800	4.000	0.150	0.157
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	0.800	0.016	0.031
θ	0°	8°	0°	8°
X	1.97	2.27	0.078	0.089

Y	1.34	1.70	0.053	0.067
Z	0.42	0.62	0.016	0.024

15. 注意事项

- 霍尔是敏感器件，在使用及存储过程中应注意采取静电防护措施。
- 在安装使用中应尽量减少施加到器件外壳和引线上的机械应力。
- 建议焊接温度不超过 350°C，持续时间不超过 5 秒。
- 为保证霍尔芯片的安全性和稳定性，不建议长期超出参数范围使用。

16. 历史版本

版本号	时间	描述
V1.0	2024.02	发布
V1.1	2025.04	更新描述歧义

Copyright ©2018, Alfa Electronics Co., Ltd

Alfa Electronics Co., Ltd reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Alfa's products are not to be used in any devices or systems, including but not limited to life support devices or systems, in which a failure of Alfa's product can reasonably be expected to cause bodily harm.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Alfa Electronics Co., Ltd assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.