

常见问题：磁旋转编码器 IC

一般性问题

- Q1:芯片如果不能按预期工作，我需要进行哪些测试才能找出原因？
- Q2:可以在不编程的情况下使用旋转编码器芯片吗？
- Q3:如何知道上电之后角度数据何时有效？
- Q4:启动时间是否会随温度而改变？
- Q5:不同类型的输出可用于哪些应用？
- Q6:我可以利用数字输出驱动大于 4mA 的电流，例如驱动一个 10mA 的 LED 吗？
- Q7:为什么已存在下拉电阻还必须将 PROG 连接到 VSS？
- Q8:对准模式下限制数值 32 是什么意思？
- Q9:可以得到的最佳精度是多少？
- Q10:可以得到优于 0.1 度的精度吗？
- Q11 地利微电子可以校准芯片以实现最佳的精度吗？
- Q12:数据资料中显示的误差曲线对于所有产品都是一样的吗？
- Q13:编码器的重复性是指什么？
- Q14:重复性怎样随着温度改变？
- Q15:CSn 引脚可以永久地连接到 VSS 吗？
- Q16:角度数据采样与 CSn 是同步的吗？
- Q17:奥地利微电子可以提供预先编程的定制化编码器吗？
- Q18:编码器可承受的振动水平怎样？
- Q19:怎样降低 AS5040/43/45 的功耗？

磁铁相关问题

- Q20:推荐的磁铁水平偏离容差是多少？
- Q21:如果不能将磁铁对准在推荐的容差内，会发生什么呢？
- Q22:我可以将编码器 IC 安装在环形磁铁的周围吗？
- Q23:怎样才能扩展磁铁的垂直间距？
- Q24:如果在“绿色”（适当）范围之外使用传感器会有什么后果？
- Q25:哪些类型的磁铁可以和 AS5035/40/43/45 配合使用？
- Q26:在旋转轴内安装磁铁的时候需要注意什么？
- Q27:为什么在移除磁铁的时候不能触发 COF 和 LIN 报警？
- Q28:为什么即使移除磁铁时我仍可以得到随机的角度数据？
- Q29:在什么磁场范围可以得到 MagInc/-Dec、LIN 和 COF 报警信号？
- Q30:如何分辨磁铁场强过弱（或丢失）与磁铁场强过强的情况？
- Q31:要获得零位读数时，磁铁要处于哪一个缺省位置？
- Q32:磁编码器是如何做到对于外部磁场不敏感的？

- Q33:是否需要屏蔽传感器以避免外部磁场的影响?
- Q34:BLDC 电动机的强磁场转子磁铁会对编码器造成什么影响?
- Q35:我可以将其它材料放置到磁铁和 IC 之间吗?
- Q36:磁铁直径、厚度和形状的影响有多大?
- Q37:芯片会受到强磁场的永久性损坏或毁坏吗?
- Q38:芯片可使用的最小磁铁是多大?

AS5040/43/45 绝对输出

- Q39:AS5040/43/45 在绝对模式下也有滞回吗?
- Q40:为什么即使磁铁没有移动,有时绝对输出也不稳定?
- Q41:当我将磁铁放在 IC 的背面时,推荐的气隙是多少?
- Q42:最高数据传输速率是多少?
- Q43:我可以并行连接几个编码器,并利用片选引脚进行选择吗?

AS5040/43/45 菊链模式

- Q44:我怎样才能避免芯片偶而切换到对准模式?
- Q45:我可以在菊链模式下同时测量几个编码器吗?

AS5035/40 增量输出

- Q46:我无法得到增量输出脉冲,它们均为 1。有什么错误呢?
- Q47:为什么即使在恒定转速下增量脉冲宽度也是不同的?
- Q48:虽然有 1024 步/转,为什么增量脉冲数还是 256?
- Q49:如果磁铁方向偏离,我会错漏脉冲吗?
- Q50:为什么当 AS5040 与一个参考编码器进行比较时会出现漏脉冲?
- Q51:我怎样使用增量输出进行速度测量?
- Q52:我怎样才能降低增量抖动噪声?
- Q53:当使用一个多极磁铁时,我可以增加增量脉冲数吗?

AS5040/45 PWM 输出

- Q54:我怎样才能增加 PWM 输出的精度?
- Q55:我怎样才能降低 PWM 输出的抖动噪声?

AS5040 高速运行

- Q56:为什么绝对和增量模式下的最高速率是不同的?
- Q57:为什么在较高的速率下周期和相位抖动会降低?

AS5040 无刷直流换向输出

Q58:我可以同时得到 UVW、增量和绝对输出吗?

AS5043 模拟输出

Q59:虽然我可以读取串行角度数据,但是为什么得不到模拟输出电压呢?

Q60:在模拟输出端只能得到波动的电压!有什么错误吗?

Q61:我如何对 AS5043 进行编程,使它在原点位置提供 VDD/2 模拟输出?

AS5045 12 位绝对值串行输出

Q62:即使在高转速下,我可以得到完整的 12 位分辨率吗?

AS5035/40/43/45 编程

Q63:AS5035/40/43/45 可以在 3.3V 电源下进行“软”编程吗?

Q64:一旦器件进行了硬编程,“零”位还可以修改吗?

Q65:我可以采用菊链模式编程多个器件吗?

AS5040/43/45 演示板问题

Q66:我可以将任何基于 AS504x 的编码器连接到任何演示板上吗?

Q67:可通过哪些方式对 AS5000 系列旋转编码器 IC 进行编程?

Q68:为什么在编程操作期间会出现 PWM 频率突变?

一般性问题

Q1: 芯片如果不能按预期工作，我需要进行哪些测试才能找出原因？

可以采取以下方法进行快速诊断：

1. 在 5V 模式下：检查 5V 电源是否稳定，3.3V 电源是否稳定，VDD3V3 引脚是否安装了缓冲电容(1..10 μ F)？
2. 在 3.3V 模式下：电源引脚 VDD5V 和 VDD3V3 是否接在一起，并与稳定的 3.3V 电源进行了连接？
3. 磁场是否在范围内（检查 MagInc_n、MagDec_n 或 MagRng_n 输出）？
4. 在启动时 PROG 引脚是否与 VSS 连接 (避免意外切换至对准模式，对准模式仅用于测试目的)？
5. 检查 PWM 输出，如果可用的话。是否随角度线性增加？

在多数情况下，通过以上方法可以解决问题。如果仍然无法奏效，可尝试将编码器连接到任意 AS504x 演示板上，将你的组件选作外部编码器，并用演示板软件测试你的设置。
(欲了解更多信息，可参见 AS504x 演示板操作手册)

Q2: 可以在不编程的情况下使用旋转编码器芯片吗？

可以！不校准或编程芯片同样可以使用。缺省（未编程的）设置可以满足绝大多数应用。

Q3: +如何知道上电之后角度数据何时有效？

上电时，芯片将运行一系列的补偿算法并设置 OCF（偏差补偿完成）状态位。如果只使用了增量输出，那么输出 A=B=Index 将一直为高，直到芯片完成上电过程（CS_n 必须为低）为止。如果 CS_n 在上电时为高，那么输出 A=B=Index 将一直为高，直到上电完成并且 CS_n 被拉低为止。

硬件引脚的状态如下：

- MagINC_n : 未定义
- MagDEC_n : 未定义
- A_LSB_U : 高 (见数据资料)
- B_Dir_V : 高 (见数据资料)
- Index_W : 高 (见数据资料)
- PWM_LSB : 标准 PWM 信号、脉冲宽度直到上电延迟(t_{PwrUp})结束后才可用

Q4: 启动时间是否会随温度而改变？

启动时间随温度或电压变化的波动很小。规格指标 t_{PwrUp} (20 / 50 / 80ms) 在全温范围内有效。如果希望缩短启动时间，你可通过 SSI 接口的串行比特流查询 OCF 状态位。一旦 OCF 为高，启动便已经完成并可使用芯片。

(还可参考 Q3: 如何知道上电之后角度数据何时有效？)

Q5: 不同类型的输出可用于哪些应用？

增量输出（适用于 AS5040 和 35）：增量输出经常用于只需要增量信息的中、高速应用。在上电时，无法得到绝对角度位置。为得到绝对位置，编码器首先需要转至原点（或零位），该位置会产生索引脉冲，离开这个参考位置时通过计数脉冲个数获得绝对位置信息。

相比之下，AS5040/43/45 编码器可提供绝对输出信息，角度位置在上电后即可使用。无需进行器件归零。

为了读取绝对位置，用户可以从若干输出格式中选择最适合特定应用的类型：

串行输出（SSI）（适用于 AS5040/43/45）：这个输出适用于快速数据传输，它需要 3 个信号：片选、时钟和数据输出。

这种输出类型也可用于读取菊链模式下通过单个 3 线接口连接的多个器件。

模拟输出（适用于 AS5043）：这一“传统”输出类型已应用了几十年。该输出仅需要一根线（模拟输出），输出电压与磁铁的转角成正比。例如，它可用作电位器的无接触式替代品。

PWM 输出（适用于 AS5040/45）：与模拟输出类似，该输出仅需要一条线（PWM 输出）来传输信号。但绝对角度信息采用时域（脉宽）方式，而不是信号幅度（电压），因此其在电气噪声环境中非常坚固可靠。

UVM 输出（适用于 AS5040）：无刷直流电机通常使用 3 个常规的 Hall 开关，安装在磁性转子端点附近的 PCB 上，为电机控制器提供换向信息。AS5040 可以模仿这些信号并替代 3 个 Hall 开关。在这一模式下，PWM 输出变为增量脉冲输出，并且除了提供绝对串行输出外还可提供 UVW 信息。因此，AS5040 既是一个绝对和增量编码器，同时也是一个换向开关。它能够提供绝对信息并具有零位编程功能，从而可优化换向操作以实现扭矩的最大化。

Q6: 我可以利用数字输出驱动大于 4mA 的电流，例如驱动一个 10mA 的 LED 吗？

数据资料规定的驱动能力是相对 VOL 和 VOH 电平而言的。你可以源出/吸入更大的电流，但可能不能继续维持 VOH 和 VOL 电平。

Q7: 为什么已存在下拉电阻还必须将 PROG 连接到 VSS？

不是必须要将 PROG 引脚连接到 VSS。你可以让它保持开路。然而，如果该引脚接有一根长线或长电缆，它可能会拾取串扰信号，从而不能一直保持低电平。这增加了芯片可能意外切换到对准模式的危险（在 CLK 的下降沿时 PROG=高）。因此不使用该引脚进行编程时推荐将其接地。

Q8: 对准模式下限制数值 32 是什么意思？

这是一个内部值，应该当作一个参考值。请记住，气隙、磁铁的强度和尺寸都会产生影响。数值 32 是指采用推荐磁铁（NdFeB Ø6mm x 2.5mm MN-35H）并且气隙间距取为约 1mm 典型值时的参考值，该气隙间距位于推荐间隙范围（~0.5 – 1.8mm）的中间。理想情况是使磁铁对中，不管实际值是多少，都应该使一整圈内的最大读数和最小读数之差尽可能小。

注意：限制数值 32 适用于 AS5040/43。AS5045 的限制数值为 $4 \times 32 = 128$ ，因为它的分辨率是 AS5040/43 的 4 倍。

Q9: 可以得到的最佳精度是多少？

首先，精度不应该与分辨率混淆。实际上这两者之间没有必然的关系。

分辨率是每圈的步长数（如 1024、4096）。

精度是指一整圈内指示的角度与实际角度在最坏情况下的偏离程度（例如 $\pm 0.5^\circ$ ）

精度又分非校准精度和校准精度。校准是一个耗费时间和成本的过程，因为需要将编码器组件的测量数据与给定的精密参考设备（例如 ≥ 13 位的光学编码器）进行比较。

因此，AS5000 系列编码器的设计目的是在**不进行**校准的情况下得到尽可能高的精度。我们的编码器的**非校准**精度，也可称为“现货”精度，在磁铁对中时优于 $\pm 0.5^\circ$ 。该精度足以满足大多数情况的要求。

当然你仍然可以增加一些外部校准，校准参数存储在外部存储器或微控制器上，以进一步提高编码器的精度。在这种情况下，精度从根本上受限于校准系统的精度。

可得到的最高精度受编码器转换噪声 (=抖动) 的限制。缺省情况下, AS5040的转换噪声 (rms, 1σ) 为 0.12° , AS5043/45均为 0.06° (快速模式) 和 0.03° (慢速模式)。在上述情况下, 通过数字滤波 (取平均值) 可进一步降低转换噪声。

现在, 假设我们进行了完美的校准, 我们的理论精度为 $\pm 0^\circ$ 。

还有什么其它限制呢?

a) : 量化误差

这是由ADC有限的步长造成的。换句话说, 由于编码器数字步长响应的限制, 精度只能在 $\pm \frac{1}{2}$ LSB 以内。

对于10位AS5040/43, 这对应 $\pm 0.175^\circ$

对于12位AS5045, 这对应 $\pm 0.044^\circ$

即使进行了完美的校准, 误差也不会比这个数值更低。

b) 转换噪声

每个ADC都有转换噪声, 这是两个邻近读数间的抖动。

转换噪声的峰-峰值约为1LSB

AS5035/40为 $\sim 0.35^\circ$ p-p, 而AS5043/45在慢速模式下为 $\sim 0.08^\circ$ p-p。

该值叠加在量化误差上。

可以通过限制带宽来降低转换噪声, 即利用数字取平均方法降低有效采样率来实现。

Q10: 我可以得到优于 0.1 度的精度吗?

如Q9: “可以得到的最佳精度是多少?”所述, 12位的编码器 (AS5045) 通过较好的校准和最终的数字取平均方法, 可以得到 $\sim 0.1^\circ$ 的精度。

然而, 这个值未考虑

c) 温度

温度变化会引起额外的误差。我们可以在片内补偿磁铁的温度效应, 这就是为什么我们不需要存储任何磁铁温度系数 (线性Hall传感器有该要求), 但是芯片本身的温度也会影响精度。

在整个温度范围内, AS5000系列均可实现卓越的性能, 但与其它模拟电路一样, 你绝不能完全忽视它的影响。测试表明, 在正常工作温度下影响极小。只有在极限温度下, 尤其是在 -40°C 左右, 精度有可能出现 $\sim \pm 0.4^\circ$ 的变化, 但是没有普遍规则表明对于所有工艺条件和产品批次来说哪个温度是好的, 哪个温度是不好的。

这在数据资料中也有所说明, 在室温下精度 (参数INL) 为 $\pm 0.5^\circ$ 。在全温范围内精度为 $\pm 0.9^\circ$, 这包括了温度变化造成的 $\pm 0.4^\circ$ 额外误差。

为消除这种额外误差, 必须评估传感器的温度漂移。这可能是一项耗费时间的工作, 而且实际上只能在几个有限的温度下实施评估 (如最低和最高工作温度, 以及室温)。

Q11: 奥地利微电子可以校准芯片以实现最佳的精度吗?

这个问题的回答可以是肯定的, 也可以是否定的。

否定的回答是因为, 在没有磁铁的情况下校准芯片没有什么意义。校准只对完整的组件才有意义。

此时, 给定磁铁在给定的温度下和给定 (非) 对准程度下与芯片作为一个整体进行校准。因此在芯片级无法完成校准。

肯定的答案是因为, AS5000系列可以提供所谓的“1点校准”, 即“零位编程”。一旦你完成了零位编程, 你就获得了非常精确和可重复的点; 实际偏差在 $\pm 1/2$ LSB以内。同样, 这也只能在组装的最后环节完成。零位编程本身必须由用户完成, 但是数据存储存储在芯片上。

这种做法很有用，因为有些应用中传感器可能是独立使用的，并没有控制器（例如，增量、PWM或模拟输出应用）。

Q12: 数据资料中显示的误差曲线对于所有产品都是一样的吗？

磁旋转编解码器的绝对误差取决于几个因素，主要因素是芯片内部的正弦和余弦路径的振幅和偏移匹配度。正弦和余弦信号路径间的相位误差对总误差也有影响，但由于采用了平行信号处理，AS5000系列编码器可以忽略此影响。误差曲线包括一个基本（1f）函数和一个二次（2f）函数。该模式在每次旋转时不断重复，但每个器件之间不一样。因此，数据资料显示的曲线（见注释）仅仅是误差曲线的一个示例。每个器件之间的偏移及增益匹配都不相同，误差曲线也不相同。

Q13: 编码器的重复性是指什么？

重复性为 $\pm 1/2$ LSB。10位和12位编码器均适用此指标。换句话说，AS5040具有 $\pm 0.17^\circ$ 的重复性，而AS5045具有 $\pm 0.04^\circ$ 的重复性。

这不受磁铁安装位置和温度的影响。在特定的安装位置（对准或偏离）和特定的温度下，重复性为 $\pm 1/2$ LSB。

这要求磁场强度处于规定的范围内。较弱的磁场会导致更多的噪声，因此重复性可能变差。

Q14: 重复性怎样随着温度改变？

重复性不会随温度改变，但是INL（或精度）会受温度影响。在 -40° 至 $+125^\circ$ 的温度范围内，INL的变化量可达 $\pm 0.4^\circ$ 。这意味着如果你不移动磁铁而只是调节温度的话，角度指示会有 $\pm 0.4^\circ$ 的变化。然而，在特定温度下，INL同样是可重复的，而且可以很好地利用校准进行补偿。

Q15: CSn 引脚可以永久地连接到 VSS 吗？

这取决于你使用的输出形式：

若使用PWM输出或模拟输出，你可以将CSn永久连接到VSS；若使用增量输出，CSn必须连接到VSS（至少一个短脉冲）；若使用串行输出，CSn被用于锁存新的测量数据，必须根据数据资料中的时序图来相应设置。

Q16: 角度数据采样和 CSn 是同步的吗？

不是。编码器芯片以10.42kHz（AS5040，AS5043/45在快速模式下）或2.61kHz（AS5043/45在慢速模式下）的采样率持续测量磁铁的角度，并在每一次测量后更新内部寄存器。CSn的下降沿可将数据锁存到串行移位寄存器内。这意味着CSn变低以后，你无需等待测量完成，可在500ns (t_{clkFE})后立即开始读取数据。

Q17: 奥地利微电子可以提供预先编程的定制化编码器吗？

原则上每年用量大于100万的话应该可行。定制的器件需要有独立的标记和器件编号，以避免与现有的ASSP产品相混。客户需要决定为文件、器件认证和库存等付出的额外费用是否值得。经验告诉我们，在很多情况下，芯片编程需要组装完成（如零位编程）后进行，并且要求该步骤可以轻松集成到常规产品测试中。强大的SDK（软件开发套件）有助于将编程操作快速简便地整合到客户的测试软件中。

Q18: 编码器可承受的振动水平怎样？

振动不是问题。使用AS5000系列磁旋转编码器IC的最大好处之一是它们采用标准CMOS工艺生产。因此无需额外的后期处理，而且IC封装内没有机械运动的元件。因此可以断定，它能够承受与其它“普通”IC同样的振动水平。

当产生巨大的振动时，这些应用最大的问题并不是旋转编码器 IC 本身，而是其它可能造成问题的因素。这些因素包括：

- 质量较大的元件，如带有中心连接器的电解电容或安装在转轴上的传感器磁铁。
- 没有正确安装的话，经历大幅度振动后，两者都有可能脱落。

编码器 IC 封装（SSOP-16）的质量不大，并用很多引脚进行焊接，因此振动有可能造成脱开。

你同样也可以检查磁铁与 IC 的对准度是否受到了振动的影响。建议将磁铁的中心对准在以 IC 中心为参考点半径为 0.25mm 的区域内。

Q19: 怎样降低 AS5040/43/45 的功耗？

该系列编码器的典型功耗为 16mA。如果你的应用不需要连续读取编码器数据，则 AS5040/43/45 可以在间歇模式下。该操作过程如下：

- 为芯片提供电源（5.5V 或 3.3V）。电流消耗将在 16mA 左右。
- 等待芯片完成一次测量。你可以等待 t_{pwrap} （20/50/80ms；参见数据资料）结束，也可以查询串行数据的 OCF 状态位。当 OCF 置为高时，角度数据有效。
- 断开芯片电源，电流消耗降为零。
- 等待预先规定的一段时间（取决于具体应用要求）
- 重复该循环

总的电流消耗将为：

$$I_{avg} = I_{nom} * \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

其中：

I_{avg}	=	平均电流消耗
I_{nom}	=	电源接通状态的标称电流消耗（典型值 16mA，最大值 21mA）
t_{on}	=	传感器的工作时间（最小 20 / 50 / 80 ms，取决于产品和模式）
t_{off}	=	传感器的断电时间（取决于具体应用要求）

磁铁相关问题

Q20: 推荐的磁铁水平偏离容差是多少？

推荐的磁铁位置是：旋转中心、磁铁中心和 IC 中心在一条垂直线上。数据资料给出的规格参数（除非另行说明）给出了一个距离 IC 封装中心半径为 0.25mm 的芯片水平偏离容限。这包括了硅片在塑料封装内的放置偏离误差，最大为 $\pm 0.235\text{mm}$ 。因此，如果磁铁可以与硅片对中（例如使用对准模式或安装一个裸片）时，偏离容差将更宽，即半径为 0.485mm。

Q21: 如果不能将磁铁对准在推荐的容差内，会发生什么呢？

磁铁在 X 和 Y 方向产生对中偏离时会影响精度（实际位置与指示位置相比较）。如果磁铁中心对准 IC 封装中心，则完全可以保证精度（ ± 0.5 度）。该数据来自于芯片内部正弦和余弦通道的振幅、相位和偏移的匹配程度，并考虑了塑料封装内硅片的布局容差。如果偏离程度超出此范围，芯片仍可正常工作，但精度会下降。在实际情况下， $\pm 0.25\text{mm}$ 的偏离半径和整个温度范围内最大的 INL 为 $\pm 1.4^\circ$ 。考虑到整个 -40° 至 $+125^\circ\text{C}$ 温度范围有 $\pm 0.4^\circ$ 的漂移，室温下半径为 $\pm 0.25\text{mm}$ 的偏离范围内精度将为 $\pm 1.0^\circ$ 。

Q22: 我可以将编码器 IC 安装在环形磁铁的周围吗?

遗憾的是, AS50xx 旋转编码器不能离轴安装。转轴的中心必须在 IC 中心的上方, 如产品演示文档和数据资料所示。

这是因为编码器是一个使用垂直方向磁场的绝对测量系统, 并且芯片必须可以“看到”整个磁铁, 以确定精确的绝对位置。

Q23: 怎样才能扩展磁铁的垂直间距?

0.5 至 1.8mm 的垂直间距是采用参考磁铁 (NdFeB N35H, d=6mm h=2.5mm) 时的间距范围。此间距指明了磁铁处于 45 至 75mT “绿色”范围的界限。

你可以通过使用更强或更弱的磁铁来改变该范围。实际上, 长达~5mm 的垂直间距也可以得到“绿色”磁场范围。

Q24: 如果在“绿色”范围之外使用传感器会有什么后果?

芯片可继续工作, 即使磁场已经超出范围。然而, 由于弱磁场下噪声更高, 抖动将会增加 (= 磁铁静止位置的最小 / 最大读数)。对绝对测量来说, 可以通过取几个后续读数的平均值来降低这种抖动。数字串行输出和 PWM 输出将始终工作, 不受磁场强度影响。但 AS5043 在“红色”磁场范围时会关闭模拟输出。通过 OTP 编程可禁止该安全功能 (参见 AS5043 数据资料)。

Q25: 哪些类型的磁铁可以和 AS5035/40/43/45 配合使用?

你需要一个径向磁化的 (俯视: 左侧-右侧) 双极磁铁, 而且其转轴需对准 I C 中心。不可使用极性分布在顶部和底部的磁铁或者多极环形磁铁。我们推荐使用稀土磁铁, 如钕铁硼 (NdFeB) 或钐钴 (SmCo) 磁铁。

Q26: 在旋转轴内安装磁铁的时候需要注意什么?

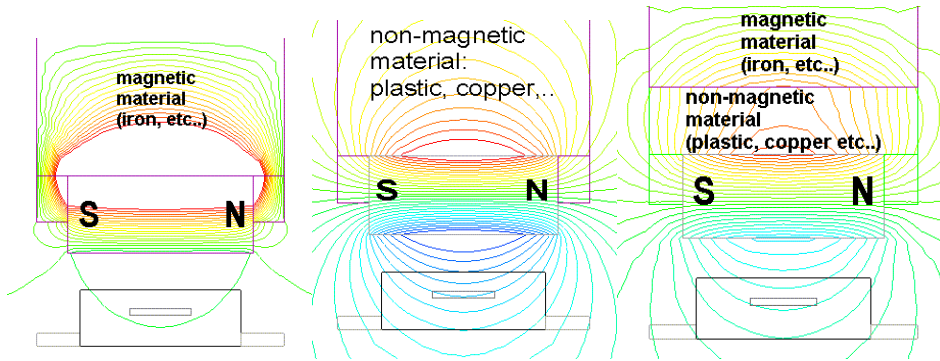
在轴内安装磁铁的方法取决于轴的制作材料。如果是非磁性材料, 那么磁铁可以直接插在轴内。通常情况下, 这可以通过将磁铁按入轴内一个紧密、同心的孔内实现。

因为磁铁旋转角度通常不需要调整 (这可以通过软件零位编程实现), 所以圆柱形磁铁更加容易处理。有时也可使用一些粘合剂, 但仅用于孔与磁铁严密配合的情况下。

如果是磁性轴 (如铁轴), 轴的铁磁材料将使插入的磁铁的磁场线形成“短路”。这会减弱磁铁并要求磁铁必须更加靠近 IC。在这种情况下, 更好的方法是磁铁不要直接插在轴中, 而是使用非磁性材料 (如塑料、铜等) 将其与磁性轴隔开。

换句话说, 将非磁性隔离物插到磁性轴内, 并将磁铁插入隔离物内。该隔离物必须足够厚, 以使磁铁和磁性轴隔离。大于 3mm 的隔离距离就足够了。隔离距离越大, 磁性轴的影响就越小。

另一个考虑是环境温度范围。由于磁性轴会随温度变化而膨胀或收缩, 用户必须确保磁铁的位置足够稳定。



不同转子材料的磁场线分布:

左: 将磁铁直接插入磁性转子轴: 不推荐; 磁场线在轴内汇聚。

中: 将磁铁直接插入非磁性轴: 推荐; 转子材料没有影响。

右: 磁铁与磁性轴之间通过非磁性材料隔开, 推荐。

Q27: 为什么在移除磁铁的时候不能触发 COF 和 LIN 报警?

对 AS5040 来说, COF 和 LIN 报警只有在磁场太强的时候才会触发。磁场太弱时这些位不会置位。AS5045 可以通过编程使 LIN 位在磁场过强或过弱的时候都可以置位。AS5043 在缺省情况下使能 LIN 报警功能, 无论磁场过强还是过弱。只有当超强的外部磁场引起太强的磁场时, COF 报警才会置位。使用 AMS 参考磁铁在正常工作情况下不会触发这种报警。

Q28: 为什么即使移除磁铁时我仍可以得到随机的角度数据?

当磁场不存在时, Hall 传感器仅会拾取噪声。在这种情况下, 编码器会显示随机信息。然而, MagInc-MagDec 状态位会清楚地指明超范围状态。

这种情况下, 有意禁用数字输出, 因为有些用户会在较弱磁场环境下使用编码器, 有时会使用额外的外部数字滤波(取平均值), 在这种极端条件下使用传感器 IC 仍可得到可以接受的结果。

Q29: 在什么磁场范围可以得到 MagInc/-Dec、LIN 和 COF 报警信号?

如果磁场介于 45 至 75mT, 则不会设置报警位。这属于“绿色”范围, AS5035/40/43/45 应该工作在该范围内。采用推荐的磁铁 (NdFeB \varnothing 6mm x 2.5mm N-35H) 时, 该磁场范围对应于芯片表面与磁铁表面之间大约 0.5 至 1.8mm 的气隙。

如果磁场低于 45mT 或高于 75mT, 状态位 MagInc 和 MagDec 均被置位。MagInc+MagDec 报警位置位而 LIN 报警位没有置位时, 对应的磁场范围称作“黄色”范围。在黄色范围内, AS5040 仍可工作, 且有很好的性能表现。

LIN (线性) — 大于 135mT 时所有编码器都将触发此报警信号。此外, 当磁场太微弱时, AS5043/45 也将设置 LIN 报警 (当磁铁和 IC 之间气隙大于~2.8mm 时)。MagInc+MagDec 位和 LIN 报警位均被置位时对应的磁场范围称为“红色”范围。在红色范围内, 尽管芯片仍然可以使用, 但可能产生更大的线性误差。

COF (Cordic 溢出) 在磁场大于~165mT 时被置位。一旦 COF 报警置位, 角度数据就不再有效。COF 位在正常工作时不会置位, 仅当磁场强度比正常范围大很多时才可以置位。你可以通过将磁铁调整至推荐的气隙范围, 或者可能的话移除所有外部磁场, 来解除这些报警。

Q30: 如何分辨磁铁场强过弱（或丢失）与磁铁场强过强的情况？

“红色”范围（参见 Q29：在什么磁场范围可以得到 MagInc/Dec、LIN 和 COF 报警信号？）无法分辨过弱和过强的磁铁。但是，可以通过其它途径分辨出来：

1) 检查 SPI 接口的波动情况：

如果磁场过弱，就会存在更多噪声，从而导致 SPI 接口的角度信息产生波动。如果没有磁铁，则波动最大。

如果磁场很强，则 SPI 角度信息将稳定在 $\pm 1/2$ LSB 以内。

2) 选择强度不是过大的磁铁，或者使磁铁的间距足够大，从而确保不会产生磁场“过强”报警。

客户必须对此情况进行验证，采用这种配置时，除非在故障情况下，通常也不会生成“过低”报警。

3) 切换至对准模式：

在没有磁铁时，对准模式下的读数接近于零（只有噪声）。但是，在磁铁完成一整圈旋转的过程中，读数必须都接近于零，因为偏离磁铁在某些特定角度下也可能存在读数接近于零的状况。

5) 检查步/方向模式下的增量输出

与上述第1)点类似，可以使用一种根本无需使用SPI接口的方法。此外，也可以在电动机旋转时应用这种方法：

I) 将AS5040置为“步/方向”增量模式，既可通过用户OTP编程实现永久性设置，也可临时性设置

II) 监测增量输出信号B_Dir_V。

在“步/方向”模式下，此信号指示旋转方向。顺时针旋转时此信号恒定为高，逆时针旋转时此值恒定为低。在磁铁不旋转时，此值保持在磁铁停止前的最后1个设置值。

在正常运行中，如果磁铁安装正确，此信号只有在旋转方向逆转时才会改变状态。

但是在没有磁铁的情况下，编码器将只能测量到噪声，从而导致增量输出发生波动。

因此，当增量输出信号B_Dir_V在短时间（例如，在几毫秒内）内反复改变状态时，则明确表明磁铁缺失或磁场非常微弱。

也可以在转子旋转时使用这项试验，因为信号 B_Dir_V 将根据旋转方向而始终显示恒高或恒低。如果固定磁铁的电动机轴沿同一方向旋转且信号 B_Dir_V 发生波动，这就是磁铁遭到破坏或已经脱落的确切信号。

Q31: 要获得零位读数时，磁铁要处于哪一个缺省位置？

磁铁的位置必须让磁极之间的中心线与 IC 的长侧平行（平行于引脚排），且北磁极朝向引脚 1-8 方向，南磁极朝向引脚 9-16 方向。

Q32: 磁编码器是如何做到对于外部磁场不敏感的？

磁编码器对于外部磁场不敏感有几个原因。主要原因是使用了横向 Hall 元件以及差分测量技术。横向 Hall 元件只对与芯片表面正交的磁场敏感。它对水平平面内的磁场不敏感。

差分测量方式只能测量出方向相对的 Hall 传感器对的磁场差别。外部直流磁场将影响到绝对磁场，但不影响 Hall 传感器对所检测的差分磁场。此外，Hall 传感器的灵敏度不太高，这也使其对外部磁场的敏感度较低。由于编码器运行在靠近磁铁的位置，传感器磁铁（所要求的）磁场在芯片表面已经相对较强，不容易被外部磁场干扰。

实际上，为了实现数据资料中规范的性能，总磁场（永久性磁铁+外部干扰磁场）不应超过 80mT。超出这个范围时芯片也可以良好运行，但由于饱和效应的影响，输出的线性度可能降低。

Q33: 是否需要屏蔽传感器以避免外部磁场的影响?

通常不需要进行磁性屏蔽, 因为 AS5040 能够补偿外部磁场的影响。
在存在极强的外部磁场时, 如果要求传感器提供很高的精度, 则通过使用诸如铁磁性金属片来提供磁性屏蔽当然是一个好主意。

Q34: BLDC 电动机的强磁场转子磁铁会对编码器造成什么影响?

AS5000 系列磁旋转编码器 IC 能够非常坚固地耐受外部磁场的影响, 即使是来自无刷直流电动机的强大磁场。由于磁铁+编码器组件安装在转子轴的末端, 编码器 IC 与 BLDC 转子磁铁之间通常存在一段 1 厘米或更大的间距。实际上, 并不要求进行特殊的校准或提供磁屏蔽。

Q35: 我可以将其它材料放置到磁铁和 IC 之间吗?

铁磁性材料(例如铁、钴或镍)会起到磁场汇聚器的作用, 并在材料内传输绝大部分的磁场。因此, 它们的加入会阻碍磁场, 所以应当予以避免。

顺磁性材料(例如铝)或反磁性材料(例如铜)只会轻微地减弱磁场或根本不影响。这些材料可以应用在磁铁与编码器 IC 之间。

所以, 这取决于材料的磁性性质。不锈钢通常具有顺磁性, 因此可以毫无问题地应用于传感磁铁与编码器 IC 之间。但是, 某些不锈钢的成份属于磁性材料, 因此应避免使用。

一般说来, 如果在芯片表面处可以设法获得适当的磁场强度(状态指示引脚 MagInc = MagDec = 00), 则可以在磁铁与 IC 之间放置任何材料。对于弱磁性材料来说, 可能不得不使用较强的磁铁来获得适当的磁场强度(45m 至 75mT)。

即使超出推荐的磁场范围时, 芯片仍能继续运行, 但其精度有所降低。

另一个必须予以考虑的问题是速度。高速旋转运动的磁铁会在磁性材料内产生涡流, 而涡流有可能导致磁场畸变。这种效应会降低精度。

Q36: 磁铁直径、厚度和形状的影响有多大?

AS5035/40/43/45 芯片的 Hall 传感器分布在半径为 1.1mm 的圆周上。因此, 只有与此圆周垂直的磁场才被检测。对于径向磁化的磁铁, 磁场在中心处为零, 并沿每个磁极方向线性增大。在靠近磁铁边缘处通常达到最大值。因此, 较小体积的磁铁在这个距中心点 1.1mm 半径的圆周上产生的磁场大于较大体积的磁铁。

也就是说, 较大体积的磁铁必须磁场较强, 或者距芯片较近, 才能达到推荐的磁场强度。

另一方面, 较大的磁铁允许较大的安装偏离范围, 因为磁场强度随着距中心点距离变大而线性增加的线性区域也更大。

也可以使用非圆形的磁铁, 例如正方形磁铁, 但这些磁铁的性能只等效于其最小尺寸的性能。例如, 4mm 正方形磁铁的性能只与 4mm 圆形磁铁一样好, 但所占空间是圆形的 1.27 倍。

磁铁的厚度对于编码器性能的影响较小。较厚的磁铁允许编码器与磁铁之间留出更大的气隙。

Q37: 芯片会受到强磁场的永久性损坏或毁坏吗?

不会! AS5035/40/43/45 芯片采用了常规的 CMOS 制程, 并未采用其它的磁场汇聚材料。即使非常强的磁场也不会损坏芯片。

Q38: 芯片可使用的最小磁铁是多大?

我们推荐采用 6mm 直径的稀土磁铁(NdFeB 或 SmCo), 因为这种磁铁能够在尺寸、垂直间距和水平偏离度容限方面获得良好的权衡性能。

您也可以使用更小的磁铁(小到 3mm), 但却会失去偏离度方面的自由度。较大直径的磁铁所允许的水平偏离度容限大于较小直径的磁铁, 但也要求更强的磁场以保持较强的差分信号。即使磁铁没有对准, 芯片仍然能够工作, 但精度会降低。

AS5040/43/45 的绝对输出

Q39: AS5040/43/45 在绝对模式下也有滞回吗?

没有，只在增量模式下启用滞回，以避免磁铁停留在一个跳变点时两个位置之间出现抖动。对于绝对模式，如果需要用户可以通过软件引入滞回。

Q40: 为什么即使磁铁没有移动，有时绝对输出也不稳定?

会出现这种情况，尤其是当磁铁停留在两个值之间的一个转换点时。由于转换噪声的缘故，绝对输出读数可能会出现抖动。你可以通过对读数取平均值来减少转换噪声和抖动。你取平均的采样数越多，产生的抖动将越小，但是这也将降低你的最高速率。

你还可以通过软件引入一个滞回来避免抖动。当 3.3V 电源不稳定时，例如 VDD3V3 引脚未通过一个电容进行缓冲时（参见数据资料，了解 5V 和 3.3V 模式下电源引脚的正确连接），也会产生角度数据超过几度的类似不稳定结果。

Q41: 当我将磁铁放在 IC 的背面时，推荐的气隙是多少?

你还可以参考数据资料末尾的封装图纸和标记一节。封装厚度（符号 A2）是 $1.73\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，所以硅片的表面离封装底部的距离为 $1.73 - 0.576 = 1.154\text{mm}$ 。

使用推荐的磁铁（N35H NdFeB $\varnothing 6\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ）时，MagInc/MagDec 输出为“绿色”（在适当范围内）所推荐的气隙距离上表面 0.5 - 1.8mm，离芯片表面约为 1.08 - 2.38mm。

对芯片背面来说，这意味着芯片背面的磁铁推荐的气隙为 $(1.08\text{ mm 至 } 2.38\text{mm}) - 1.154\text{mm} \leq 1.23\text{mm}$ 。值得注意的是，当你把磁铁安装在芯片背面时，所指示的旋转方向就会改变。你可以通过软件进行外部校正，或通过设置 OTP 寄存器中的 CCW 位在内部实现校正，该设置将取反旋转方向指示。

Q42: 最高数据传输速率是多少?

使用短线时，最高时钟速率是 1MHz，它可以实现每秒超过 50,000 的角度读数。然而使用长线时，由于电缆存在容性和感性阻抗，该时钟速率可能会下降。

参见应用笔记 AN5040-10：长线上的数据传输

Q43: 我可以并行连接几个编码器，并利用片选引脚进行选择吗?

是的，你可以这样做！你可以同时并联所有 DO 和 CLK 信号，并利用引脚 CSn 上的低电平信号选择独立的编码器。

AS5040/43/45 的菊链模式

Q44: 我怎样才能避免芯片偶然切换到对准模式?

在菊链模式下，PROG 连接到下一个编码器的 DO。当 CSn 为高时，DO 切换到三态，而引脚 PROG 的内部下拉电阻将把三态 DO 输出拉到低。这样，当 CSn 变成低时，PROG 为低。

由于对准模式要求在 CSn 的下降沿时 PROG 为高，所以上述情况不会切换到对准模式。

为了避免“高”奇偶位将链中的下一个器件切换到对准模式，奇偶性总是跟随一个低信号（参见数据资料中的菊链时序图）。

Q45: 我可以在菊花链模式下同时测量几个编码器吗？

是的。在菊花链模式下，来自链中的每个编码器的角度数据在 CSn 的下降沿同时锁存。在下一个 CSn 下降沿之前锁存的数据一直被冻结。所以菊花链模式下同步输入微控制器的数据速率无关紧要。接收的数据代表来自链中的每个器件角度的同步“快照”。

但存在一种轻微的不规则性：由于各传感器都运行于一个内部振荡器上，与 CSn 并不同步，每个传感器测量之间的非同时性可能在一个采样周期（96µs 或 384µs）内。

AS5035/40 的增量输出

Q46: 我无法得到增量输出脉冲，它们均为 1。有什么错误呢？

上电时如果引脚 CSn 为高，则增量输出为锁定状态。这一特性允许外部控制器只有在它们准备好接收数据时才激活芯片。要开始发送脉冲，引脚 CSn 必须被拉低（短脉冲或永久拉低）。引脚 CSn 可以在上电时始终连接 VSS。在这种情况下，一旦内部启动完成，AS5035/40 可以立即产生脉冲。

Q47: 为什么即使在恒定转速下增量脉冲宽度也是不同的？

可以在增量输出中观察到周期和相位抖动，这是由系统的整体噪声引起的。该噪声源来自于 Hall 元件、前置放大器和 ADC。这种电压噪声被 Cordic DSP 转换成角度噪声，或所谓的转换噪声。转换噪声为 0.12°rms (1σ)。一个 3σ (0.36°) 的值包括统计角度上 99.73% 的所有读数。转换噪声总是 0.12°rms，与所选择的增量分辨率无关。因此，相对周期和相位抖动将随分辨率的下降而减少。也可以参见 Q57：为什么在较高的速率下周期和相位抖动会降低？

Q48: 虽然有 1024 步长/转，为什么增量脉冲数还是 256？

增量脉冲是由 10 位系统的 1024 个绝对位置产生的。你需要 4 个绝对步长来解码一个双通道增量信号：

示例

绝对步长	绝对代码	通道 A	通道 B
步长 1	0	0	0
步长 2	1	1	0
步长 3	2	1	1
步长 4	3	0	1
与步长 1 相同	4	0	0
与步长 2 相同	5	1	0
与步长 3 相同	6	1	1
与步长 4 相同	7	0	1
.. 依此类推...	8	0	0

增量脉冲每 4 个绝对代码重复一次：例如编码 0、4、8、12，.....产生同样的增量信号（A=0 B=0）。

因此，正交脉冲数为：绝对步长数/4

为了解码一个单通道增量信号（如步/方向模式），只需要两个绝对步长：

绝对步长	绝对代码	通道 A	通道 B
步长 1	0	0	这个通道的状态将取决于旋转方向：1 顺时针，0 = 逆时针方向
步长 2	1	1	
与步长 1 相同	2	0	
与步长 2 相同	3	1	
与步长 1 相同	4	0	
与步长 2 相同	5	1	
..依此类推...	8	0	

单通道增量脉冲每 2 个绝对代码重复一次：例如编码 0、2、4、6，.....产生同样的增量信号（A=0）。因此，单通道脉冲数为：绝对步长数/2

Q49: 如果磁铁方向偏离，我会错漏脉冲吗？

磁铁偏离只会影响精度，不会影响编码器 IC 的分辨率。你总是可以得到 1024 个绝对位置而“不会错漏脉冲”，即使磁铁没有很好地对中。

Q50: 为什么当 AS5040 与一个参考编码器进行比较时会出现漏脉冲？

如果高速下 AS5040 增量输出与实时光学参考编码器进行比较，编码器似乎不能提供正确的脉冲数。

这些“漏”脉冲是由传输延迟引起的：

在增量模式下，该延迟为 192µs。这意味着，可以得到一个正确的脉冲数，但是它可能要花多达 192µs，直到“漏”脉冲由插补器合成为止。因此，当用一个实时参考编码器触发脉冲计数器时，就可能看似出现了漏脉冲，但实际上只是 192µs 滞后产生的假象。

192µs 内的脉冲数可以计算如下：

$$(\text{rpm} * 360/60) * 192\mu\text{s} * (\text{pulses_per_rev}/360) = \text{rpm} * 0.00327 \text{ (对 1024 个脉冲)}$$

确定是否有漏脉冲的最好方法是计数一个 (AS5040) 索引脉冲至下一个索引脉冲间的脉冲数。这些脉冲必须总是相同的，而与高达 10,000rpm 或更高的速率无关。

Q51: 我怎样使用增量输出进行速度测量？

一般情况下，可以通过测量一个增量脉冲的脉冲宽度来实现速度测量。然而，由于转换噪声的缘故，单个脉冲无法给出足够的精度。因此，这种测量方法需要对一个以上的脉冲取平均值。取平均的脉冲数越多，转换噪声和脉宽抖动的影响就越小。对四个脉冲取平均值可以使噪声降低 6dB 或 50%。

有几种方法可做到这一点：

- 测量几个脉冲并进行数字平均。当被测速率在较宽的范围内变化时，这种类型的测量方法很有用，因为它总是采用规定的脉冲数进行平均。
- 在一个给定的时间窗口内计数脉冲个数。这种类型的测量方法非常简单并容易完成，然而，它必须适应速度的要求，例如，低速时给定时间窗口内的脉冲数可能太少，而高速时窗口可能太长。
- 测量增量脉冲的频率，例如采用 F/V 转换器。

Q52: 我怎样才能降低增量抖动噪声？

在恒定的转速下，增量脉冲宽度的变化定义为增量抖动噪声：

$$\text{抖动噪声} = (pW_{\text{max}} - pW_{\text{min}}) / pW_{\text{nom}}$$

$PW_{\text{max}}/_{\text{min}}$ = 系统提供的最大/最小脉冲宽度；

PW_{nom} = 标称脉冲宽度是由每转的脉冲数和转速决定的；

为了减小抖动噪声，可以试着使用一个强磁场，因为这将改善 Hall 传感器信号的信噪比。

另一种方法是降低增量分辨率。降低 1 位分辨率可以降低 50% 的相对抖动噪声，例如，AS5040 编程为 9 位 (128ppr) 分辨率时的抖动噪声只有 10 位 (256ppr) 分辨率时的一半 (以 % 表示)。当然，绝对抖动噪声是相同的 (0.12°rms)，与分辨率无关，但是降低 1 位分辨率可以使脉冲 (PW_{nom}) 宽度加倍，进而使相对抖动噪声 ($pW_{\text{max}} - pW_{\text{min}}) / PW_{\text{nom}}$ 降低 50%。

Q53: 当使用一个多极磁铁时，我可以增加增量脉冲数吗？

遗憾的是无法做到这一点。因为你只需要能够检测每转的一个唯一位置，所以 AS50xx 原则上要求两极磁铁。多极磁铁将会在一整圈内出现一个以上的相同脉冲映像。

AS5040/45 PWM 输出

Q54: 我怎样才能增加 PWM 输出的精度?

AS5040 的 PWM 频率在工厂调节为 $976\text{Hz} \pm 5\% = 927$ 至 1024Hz ，等效于一个 PWM 信号 (pulse t_{on} + pause t_{off}) 的周期为 $976\mu\text{s}$ 至 $1079\mu\text{s}$ 。

AS5045 的 PWM 频率在工厂调节为 $244\text{Hz} \pm 5\% = 232$ 至 256Hz ，等效于一个 PWM 信号 (pulse t_{on} + pause t_{off}) 的周期为 $3903\mu\text{s}$ 至 $4314\mu\text{s}$ 。

作为备选功能，AS5045 的 PWM 频率可以通过 OTP 编程设置为该频率的一半 (周期加倍)。

如果你只使用 PWM 的脉冲宽度 (t_{on}) 来确定磁铁的角度，则读数的精度与 PWM 调节频率一样，在室温下为 $\pm 5\%$ ，在整个温度范围为 $\pm 10\%$ 。然而，通过测量占空比 (测量 t_{on} 和 t_{off}) 你可以消除这些容差，并且得到与串行接口绝对输出一样高的精度：

$$\text{Position} = \frac{t_{on} \cdot 1025}{(t_{on} + t_{off})} - 1 \quad \text{AS5040}$$

且：

$$\text{Position} = \frac{t_{on} \cdot 4097}{(t_{on} + t_{off})} - 1 \quad \text{AS5045}$$

Q55: 我怎样才能降低 PWM 输出的抖动噪声?

如果 PWM 输出被用于产生一个模拟输出，可以通过在 PWM 输出上增加一个简单的模拟低通滤波器 (参见 AS5040/45 数据资料) 实现。通过为滤波器设计一个足够低的截止频率以及采用更高阶数的滤波器可以消除抖动噪声。

AS5040 的高速工作

Q56: 为什么绝对和增量模式下的最高速率是不同的?

AS5035/40 的内部采样率为 10.42kHz ，这意味着它每 $96\mu\text{s}$ 得到一个新的绝对读数。每转测量 1024 个位置，最高速率为 $1024 \text{ 个位置} \times 96\mu\text{s} = \text{每转 } 98.3\text{ms}$ 。或者每秒 10.18 转，每分钟 (rpm) 为 610 转。

- **绝对模式** (串行接口)

AS5040 仍可用在高于 610rpm 的速率下，但是它会错过从一个读数到下一个读数之间的一些绝对位置，所以每转的实际读数将减少：

每转 (n) 的采样数为：

$$n = \frac{60}{\text{rpm} * 96\mu\text{s}} \quad \text{rpm} = \text{转速 (每分钟转数)}$$

- **增量模式**

内置插补器能够准确地确定最后读数与重新合成漏脉冲之后它错过了多少个位置。通过这种方法，系统可以保证在高达 10,000rpm 或更高的速率下不会出现漏脉冲。然而，它需要两个采样周期来产生合成波形。因此输出延迟为 $192\mu\text{s}$ 。

Q57: 为什么在较高的速率下周期和相位抖动会降低?

0.12°rms 的周期和相位抖动 (参见 Q47: 为什么即使在恒定转速下增量脉冲宽度也是不同的) 总是与 0.35° (10 位 LSB) 的最小步长有关。在高速时，磁铁将在两次连续测量之间移动一个步长以上。插补器将使用相同间隔的脉冲来合成漏脉冲，并且 0.12°rms 的总相位抖动需要除以总的移动步长数目。

示例：假设磁铁在两个读数之间从位置 1 移动到了位置 7，它跳过了 6 个步长。你需要 4 个步长来产生一个正交 AB 脉冲，因此插补器将合成 $1\frac{1}{2}$ 个增量脉冲。那么，每个周期的总抖动减少了 1.5 倍。

AS5040 的无刷直流换向输出

Q58: 我可以同时得到 UVW、增量和绝对输出吗?

是的,你可以!在 BLDC 模式下,引脚上提供 UVW 信号。

3 (A_LSB-U),
4 (B_Dir_V) 和
6 (Index_W)。

在引脚 12 上有一个 512ppr 的增量脉冲输出 (PWM_LSB),而引脚 9 (DO)、10 (CLK) 和 11 (CSn) 仍作为绝对串行接口。

AS5043 的模拟输出

Q59: 虽然我可以读取串行角度数据,但是为什么得不到模拟输出电压呢?

AS5043 为模拟输出提供内部错误检测功能,当磁场处在红色范围内时,它会关掉模拟输出(参见 Q29: 在哪个磁场范围我可以得到 MagInc/Dec、LIN 和 COF 报警信号?)。可以通过 OTP 编程来禁用此功能。在这种情况下,模拟输出将总是接通的,而独立于磁场强度。

Q60: 在模拟输出端只能得到波动的电压!有什么错误吗?

AS5043 的输出级是一个运算放大器,其中一个引脚 (FB) 是反相输入。该引脚与模拟输出引脚之间必须连接反馈电阻,以构成一个同相放大器。不接任何反馈时,运算放大器工作在开环模式下,输出会波动或保持在电源轨上 (VDD5V 或 VSS)。缺省情况下,必须由外部提供这些电阻(参见数据资料)。提供了一种编程选项,即反馈可以切换至固定的内部增益。在这种情况下,无需使用外部电阻。

Q61: 我如何对 AS5043 进行编程,使它在原点位置提供 VDD/2 模拟输出?

使用 AS5000 系列磁旋转编码器的零位编程功能,你不仅可以对一个定义的机械位置进行零位或 0000 位编程,而且可以为一个给定的机械位置定义任何输出值。这是通过在零位寄存器上增加一个偏移量实现的。

要实现给定机械位置下的零输出编程,你可以执行以下操作:

- a) 装配传感器;磁铁的方向并不重要
- b) 把磁铁转至你想要输出零角度值的机械位置
- c) 读取这个位置的磁铁角度数据
- d) 将步骤 c) 获得的数值写入并编程至 OTP 零位寄存器(参见数据资料的编程一节)
- e) 重新上电以重启传感器。现在,这个机械位置的数字输出将显示为 0000

现在,假设你不想要传感器在这个机械位置读取到 0000,而是希望它处在最小和最大读数之间的中间点。例如,你有一个可在 90° 模式下模拟输出的 AS5043,而你想在机械停止位置时输出 VDD/2: 重复步骤 a) 至 c):

- a) 装配传感器;磁铁的方向并不重要
- b) 把磁铁转至你想要输出 VDD/2 的机械位置
- c) 读取这个位置的磁铁角度

你现在需要在这个值上增加一个偏移量。偏置值是从零到你期望值间的角度。上述例子中,在 90° 模式下,VDD/2 输出电压需要旋转 45° 或 128 步的数字角度 (1024 步为 360°)。

因此,你可以在步骤 c) 获得的值中增加 128。如果这个总数超过了 1024,需要从总数中减去 1024。

- d) 现在把这个结果写入 OTP 零位寄存器,并通过设置 OTP 位 OR1/OR0 为 10 使 AS5043 进入 90° 模式。你可以在一个步骤中编程两个设置(参见数据资料的编程一节)
- e) 重新上电并重启传感器。现在,这个机械位置的数字输出将显示为 0128,模拟输出 (在 90° 模式下) 将为 VDD/2

AS5045 的 12 位绝对串行输出

Q62: 即使在高转速下,我可以得到完整的 12 位分辨率吗?

由于采样率为 10.4kHz/2.6kHz, 在高转速下你将无法得到每转 4096 个读数。然而,你得到的每个读数的分辨率都是 12 位。

对高速应用来说,推荐使用 AS5035 和 AS5040 提供的增量输出模式,因为这样处理起来更加简单(简单地计数脉冲,而不用处理高速串行数据)。用于增量输出的插补器电路也可以保证即使在高速条件下也“没有漏脉冲”。

AS5035/40/43/45 的编程

Q63: AS5035/40/43/45 可以在 3.3V 电源下进行“软”编程吗?

是的,即使在 3.3V 和 5V 模式下而没有任何额外编程电压的条件下,你仍可以改写 OTP 寄存器。改写信息当然是临时性的;断电后将会丢失。芯片总是采用 OTP 中的“硬编程”设置来启动的。“软写入”是通过读取、写入整个 OTP 寄存器(包括工厂设置)实现的,但不执行后续的编程操作。

意外或有意修改工厂设置可能导致芯片报废。不过,可以使用 AS5040 演示板,它有助于改写 OTP 设置,例如增量模式、零位、旋转方向等。

如果意外修改了工厂设置但还没有进行编程,该芯片总可以通过上电复位来恢复 OTP 寄存器的硬编程设置。

在不读取和重写工厂设置的情况下,你也可以临时性改写用户 OTP 设置,但是每次上电期间只可进行一次。这可以通过在第 16 个时钟之后 CSN = 低来终止 OTP 编程序列(如数据资料所示)得以实现。

欲了解更多信息,可参见应用笔记 AN5040-20。

Q64: 一旦器件进行了硬编程,“零”位还可以修改吗?

是的,参见 Q63: 可以用 3.3V 对 AS5035/40/43/45 进行“软”编程吗?

Q65: 我可以采用菊链模式编程多个器件吗?

菊链模式只用于读取角度数据,而不能进行 OTP 写入。为了对采用菊链连接的器件进行编程,每个器件必须进行独立的编程,将数据分别移到链中每个器件的 PROG 输入。由于 PROG 输入连接到一个输出(DO),必须加入一个二极管(阳极接 DO,阴极接 PROG),以避免编程期间 DO 输出产生过压。

AS5040/43/45 的演示板问题

Q66: 我可以将任何基于 AS504x 的编码器连接到任何演示板上吗?

是的!只要使用与外部编码器同样类型的演示板软件,不管你使用什么演示板。参见应用笔记 AN5000-10: 硬件/软件兼容性概述。

外部传感器与演示板的连接方式如下:

外部传感器.....	演示板
VDD3V3	VDD3V3
VDD5V	VDD3V3 (不要接+5VUSB!)
VSS	GND
PROG	PROG (仅在编程和模式改变时需要)
CSn	CSn_ext

DODO
CLKCLK

Q67: 可通过哪些方式对 AS5000 系列旋转编码器 IC 进行编程？

对 AS5000 系列编码器编程，你有几种途径。

- a) 使用对应的演示板和软件。
你可以用 AS5040 演示板对 AS5040 编程，用 AS5045 演示板对 AS5045 编程，依此类推。
AS5035 没有自己的演示板，它可以用 AS5040/43 或 45 演示板来编程。
- b) 使用 AS50xx 编程器和软件
编程器在硬件上类似于演示板，但是采用了一个密封的塑料外壳，而且具有额外的功能，例如用于 OTP 编程质量验证的模拟回读 ADC。
它是一种“适合所有产品的工具”设备，可用来编程任何 AS5000 系列编码器。该工具和图形用户界面（GUI）可以向奥地利微电子申请索取。
- c) 使用任何演示板对任何编码器进行编程
使用与器件 IC 对应的软件，你可以在任何演示板上编程 AS5035/40/43/45 中的任何一款，参见 Q66：我可以将基于 AS504x 的编码器连接到任何演示板上吗？
- d) 使用一个演示板或编程器硬件和 SDK
利用一个适当的演示板或编程器硬件，用户可以自己写软件来读取和编程与硬件连接的编码器 IC。软件开发套件（SDK）可从奥地利微电子网站免费下载使用，利用简单易用的命令有助于迅速生成程序。

Q68: 为什么在编程操作期间会出现 PWM 频率突变？

这一特性是由演示板控制的，它不是 IC 的故障！

原因：AS5040 的 PWM 频率在工厂调节为 $976\text{Hz}\pm 5\%$ ，AS5045 调节为 $244\text{Hz}\pm 5\%$ （可选 $122\text{Hz}\pm 5\%$ ）（参见数据资料）。

调节信息存储在 OTP 工厂设置中。

如果用户想要修改 OTP（例如零位编程、增量模式设置等），作为一种安全措施，演示板软件将工厂设置寄存器暂时设为“0000”，以避免用户对工厂设置进行两次或错误的编程。

清除工厂 OTP 寄存器也会暂时清除 PWM 频率调节信息。

因此，工厂 OTP 寄存器和 PWM 频率可在下一次上电周期重新正确设置。

在正常工作情况下，不会产生这种现象，因为用户没有访问 OTP 寄存器。

它只可能在 32 位 OTP 编程期间发生，此时建议用户将所有不能修改的 OTP 位设为“0”。