

Application Note

TMAG511x 2D 锁存器的优势



摘要

在有刷电机应用中，可利用霍尔效应传感器检测旋转位置。此类应用包括汽车电动车窗、电动百叶窗、水表、音量旋钮、自动门和智能锁。本文简要介绍了 TMAG5110 和 TMAG5111 等多霍尔元件器件在旋转编码应用中的基本工作原理和优势。

编码的工作原理是，每次传感器（如霍尔效应锁存器）暴露于相反的磁体极性中时，传感器的输出都会切换状态。每一次状态翻转对应旋转一圈中的一个离散步进。若已知每圈固定步进数量，用户便可确定相对旋转角度。

本文将介绍编码应用中的多种关键规格霍尔效应锁存器。其中包括霍尔元件数量，霍尔元件方向以及 BOP 和 BRP 阈值。

内容

1 霍尔元件块计数.....	2
2 霍尔元件方向.....	4
3 B _{OP} 和 B _{RP} 阈值.....	10
4 总结.....	12

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 霍尔元件块计数

在编码应用中，会采用锁存器或开关这类二进制输出器件。单个锁存器内部，可使用一个霍尔元件，或是一组取平均的霍尔元件，沿单一感应轴测量磁场。锁存器件内霍尔元件块下游设有一个比较器电路，用于确定转换的信号是超过 B_{OP} 还是低于 B_{RP} ，从而产生高电平或低电平输出。如果环形磁体或线性阵列磁体设计为仅沿一个方向移动，则可以确定该位置。但是，对于磁体可以反转方向的系统（请参阅图 1-1），仅依靠器件输出，不足以确切地确定位置。

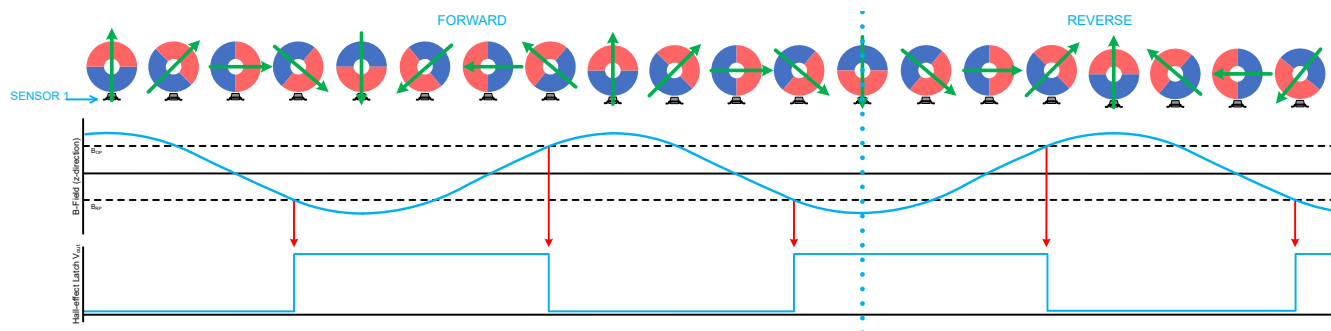


图 1-1. 单锁存器编码

因此，图 1-2 显示了如何使用至少两个锁存器来确定位置、速度和方向。过去，这可能是通过两个分立式器件实现的（请参阅图 1-3）；而新一代器件已经发展为单芯片内置两组独立霍尔元件块，可在两个互不干扰的位置采集磁场信号（请参阅图 1-4）。这一技术进步减少了物料清单 (BOM) 物料数量，缩小电路板面积，并降低设计复杂度。

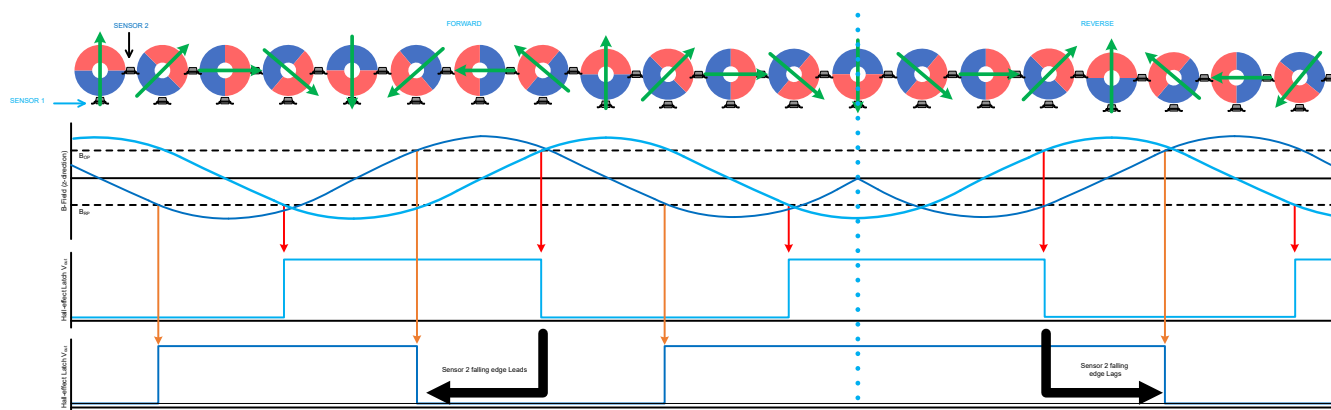


图 1-2. 双锁存器编码

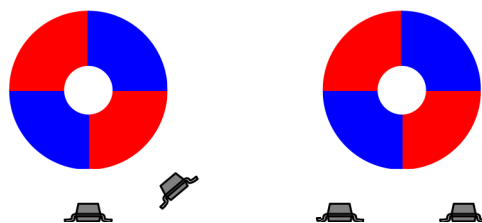


图 1-3. 多种分立式器件实现方案

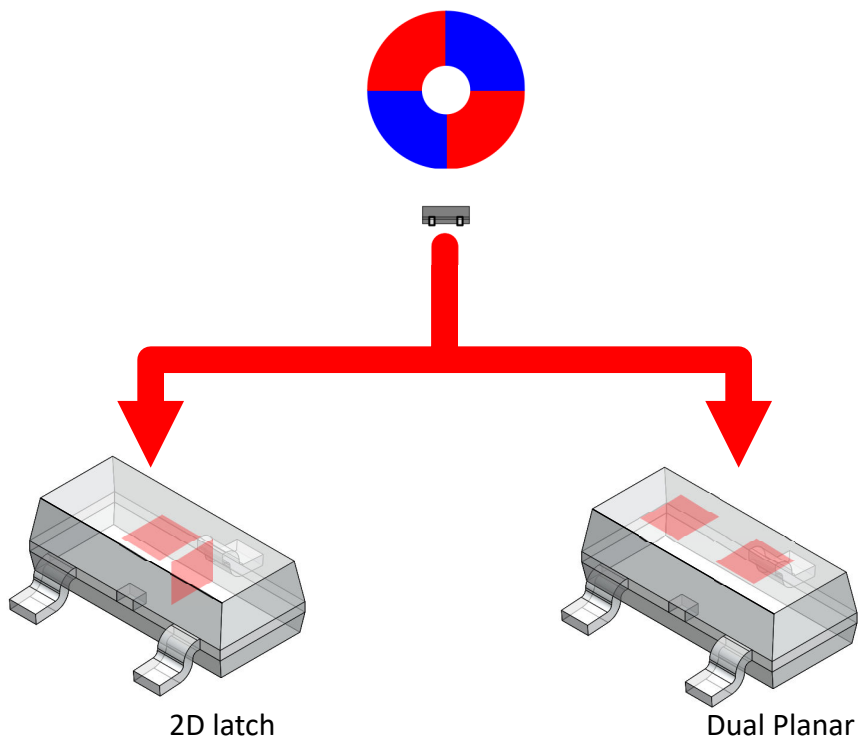


图 1-4. 单器件实现方案

2 霍尔元件方向

位置分辨率由器件内霍尔元件块的摆放方向决定。要理解其原理，首先需要了解相位概念。图 2-1 展示了两个正弦波，它们的形状与编码应用中霍尔元件所测得的磁场相似。在图 2-1 中，黑色曲线滞后于黄色曲线。由于两个周期信号的周期等效，因此滞后相当于相位偏移。因此，黑色曲线存在 $\pi/2 = 90^\circ$ 的相位偏移。如底部图 2-1 所示，保持 90° 偏移对于锁存器各状态之间间隔均匀至关重要。

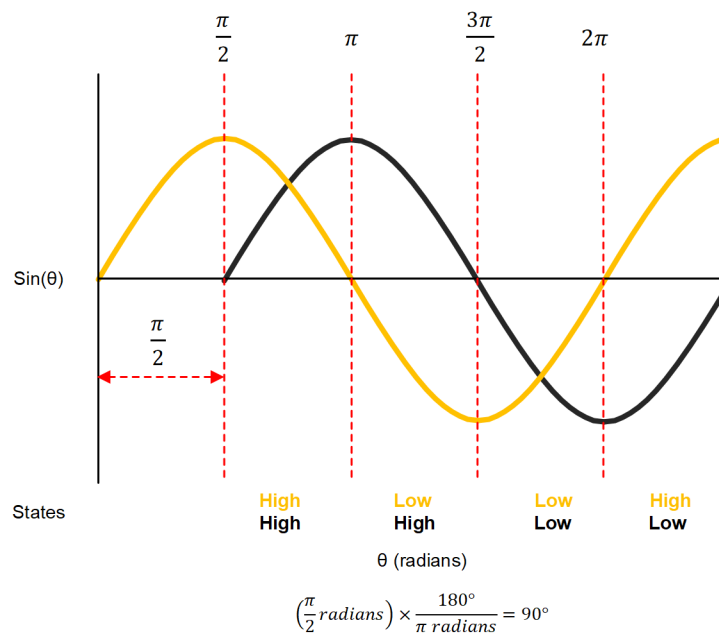


图 2-1. 相位滞后和偏移示例

图 2-2 显示了假设两个霍尔元件块都像典型的分立式锁存器一样运行，双平面锁存器可能出现哪种输出。

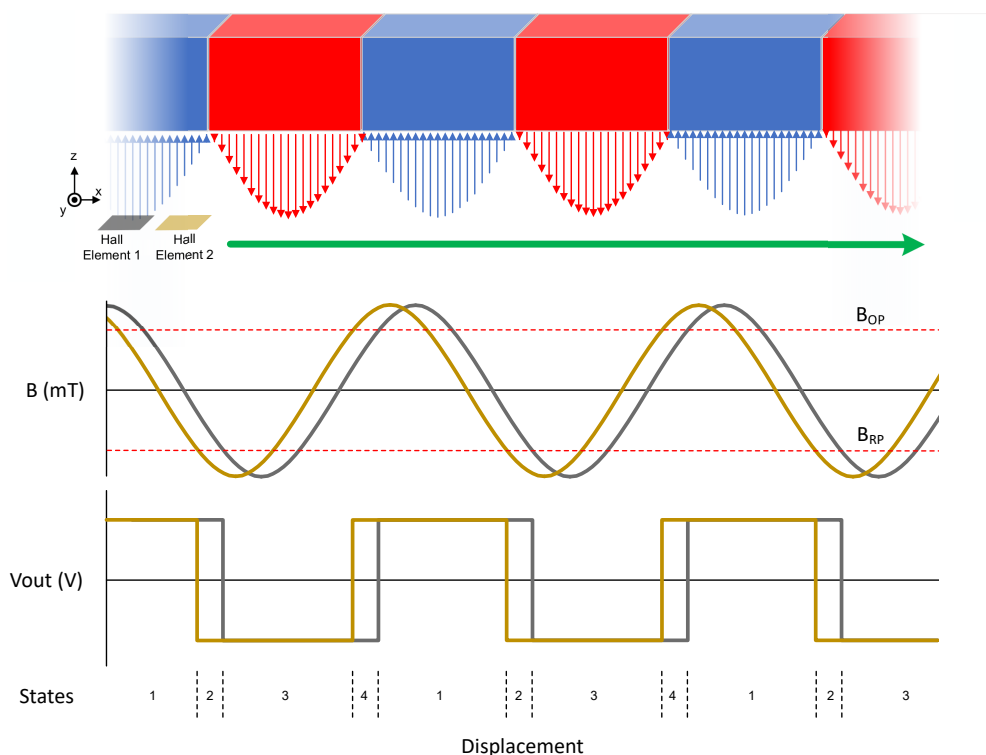


图 2-2. 双平面操作

霍尔元件集成在小型器件封装内的狭小区域，因此两组元件物理间距极小。在大多数情况下，这会造成信号相位偏移量很小，状态区间分布不均，如 图 2-2 底部所示。

因此，图 2-3 显示了双平面器件通常监测一个霍尔元件块的速度和位置，另一引脚用于判断方向。每次检测到极性和幅度超过反向 B_{OP} 或 B_{RP} 阈值时，速度元件将在一个器件输出端生成状态变化。以类似的方式监测方向元件；但是， B_{OP} 或 B_{RP} 比较器输出保留在器件内部并馈送到其他电路，以比较速度和方向信号。此设置可以确定上升沿和下降沿的顺序是否发生反转。然后，该电路将提供一个器件输出端，当磁体沿一个方向移动时为高电平，当磁体沿相反方向移动时为低电平。因此，双平面器件中，速度霍尔元件每经过一对磁极，仅能输出两个分辨率步进，仅为双霍尔元件块器件分辨率的一半。

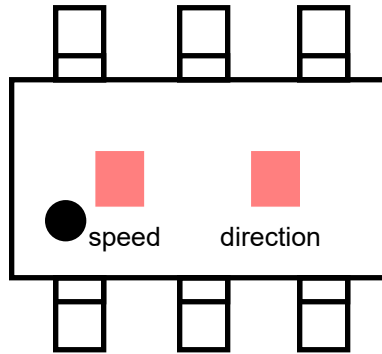


图 2-3. 双平面图

尽管双平面器件存在分辨率限制，但单个 2D 锁存器件仍然可以实现最大分辨率。TMAG5110、TMAG5111 这类带正交感应平面的 2D 器件，可以获得无条件的 90° 相移。图 2-4 解释了其原理。与磁体阵列平行的霍尔元件 1 能测量极中心的局部最大值，而垂直于磁体阵列的霍尔元件 2 能测量极中心的局部最小值。

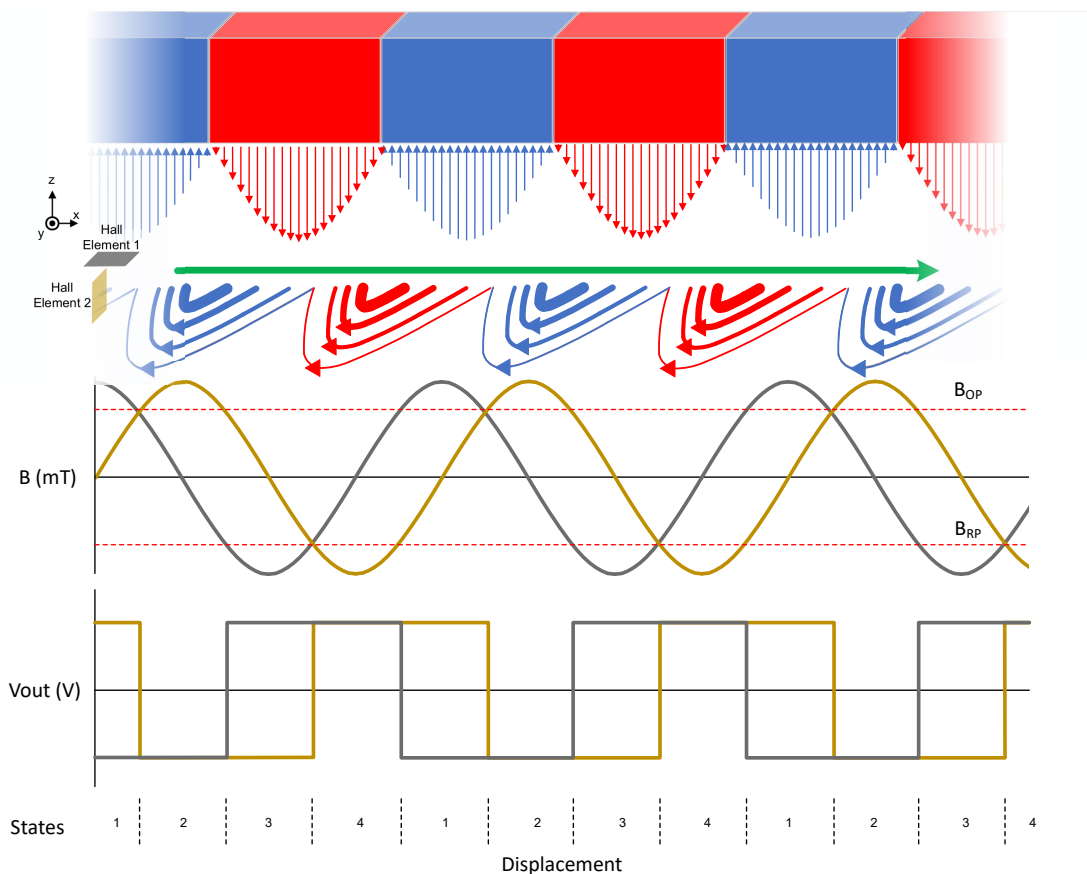


图 2-4. 2D 锁存器的运行

除了分辨率外，器件相对于编码磁铁的摆放朝向，也会影响器件工作性能。为了说明这一点，图 2-5 展示了一种配置情况，即 2D 锁存器可正常工作，但双平面器件一般无法工作。双平面无法在此配置下工作，因为该器件只能沿与封装表面顶部正交的轴进行感应。在这种情况下，磁场主要与霍尔元件平面平行，所有垂直于霍尔元件、可被检测的分量均处于同相位。2D 锁存器有 3 个正交感应轴，因此可以检测异相的磁场分量（请参阅图 2-5）。

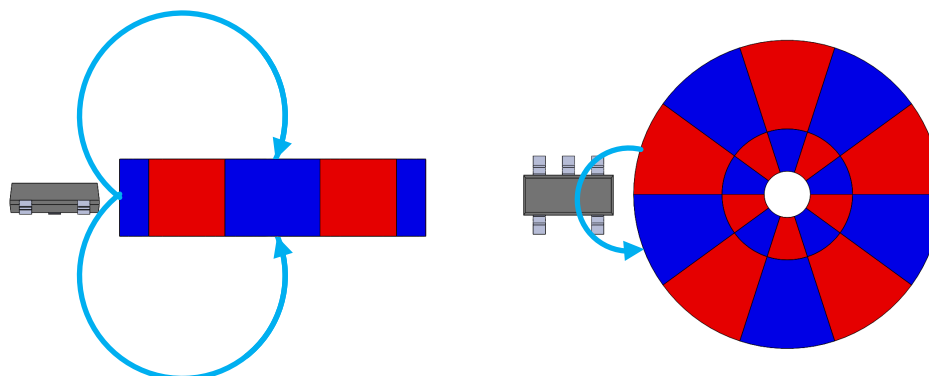


图 2-5. 环形磁体磁场线的编码

为总结双平面的方向限制，表 2-1 列出了可能难以或无法成功使用双平面的配置。图 2-6、图 2-7、图 2-8、图 2-9、图 2-10 和图 2-11 列出了各种配置，具体如表 2-1 所示。

表 2-1. 2D 与双平面

磁体传感器的方向	2D	双平面
径向 XY 外边缘 1	可实现	不推荐
轴向 XY 外边缘 1	可实现	不推荐
径向 XY 外边缘 2	可实现	不推荐
轴向 XY 外边缘 2	可实现	可实现
径向 ZX 外边缘 1	可实现	可实现
轴向 ZX 外边缘 1	可实现	可实现
径向 ZX 外边缘 2	可实现	不推荐
轴向 ZX 外边缘 2	可实现	不推荐
径向 ZY 外边缘 1	可实现	不推荐
轴向 ZY 外边缘 1	可实现	可实现
径向 ZY 外边缘 2	可实现	不推荐
轴向 ZY 外边缘 2	可实现	可实现
径向 XY 侧边缘 1	可实现	不推荐
轴向 XY 侧边缘 1	可实现	不推荐
径向 XY 侧边缘 2	可实现	不推荐
轴向 XY 侧边缘 2	可实现	不推荐
径向 ZX 侧边缘 1	可实现	不推荐
轴向 ZX 侧边缘 1	可实现	不推荐
径向 ZX 侧边缘 2	可实现	可实现
轴向 ZX 侧边缘 2	可实现	可实现
径向 ZY 侧边缘 1	可实现	可实现
轴向 ZY 侧边缘 1	可实现	不推荐
径向 ZY 侧边缘 2	可实现	可实现
轴向 ZY 侧边缘 2	可实现	不推荐

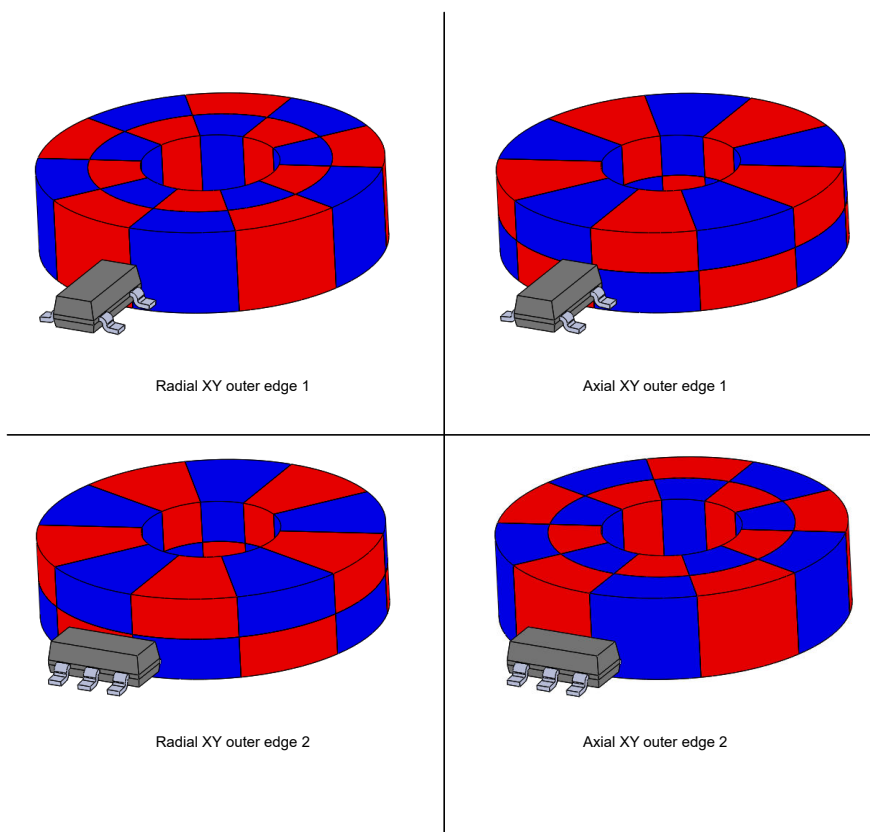


图 2-6. XY 外边缘

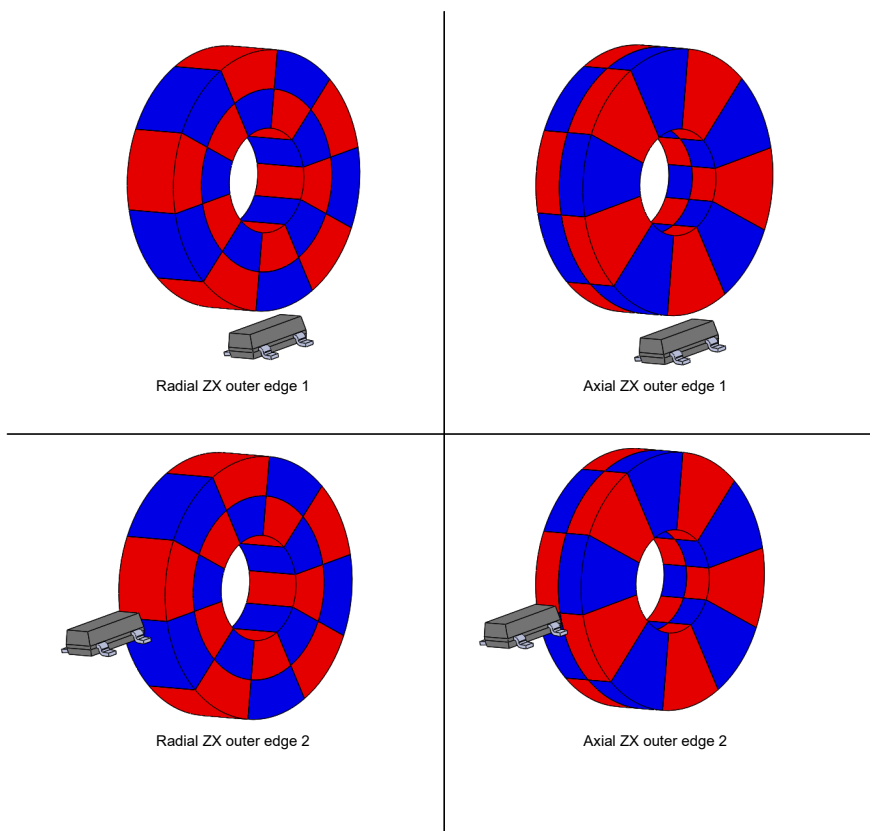


图 2-7. ZX 外边缘

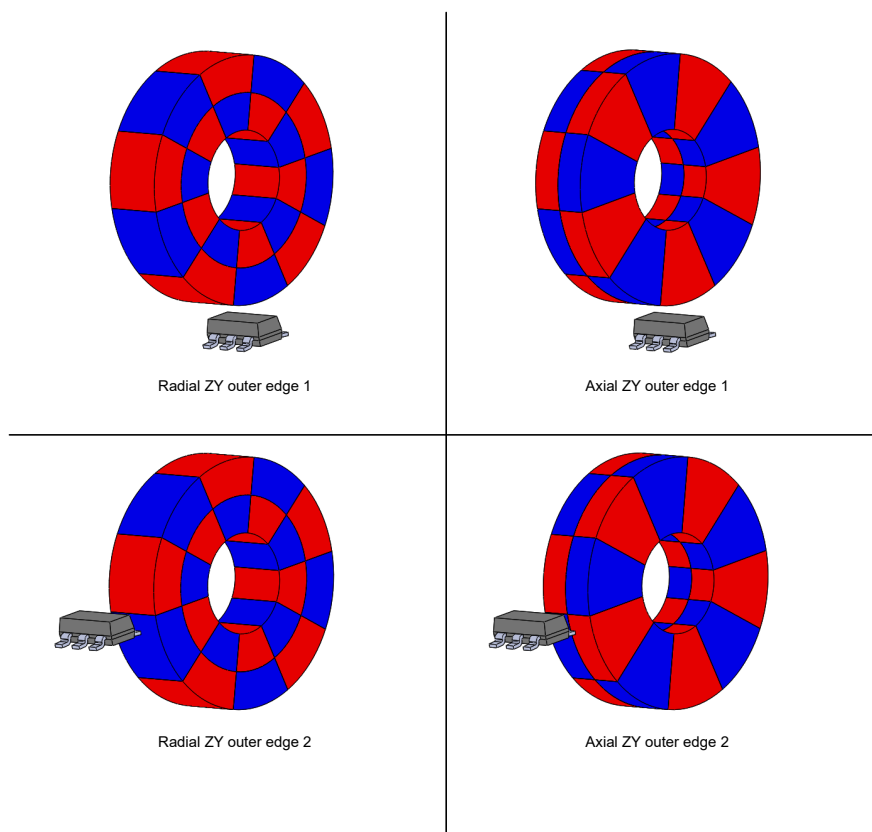


图 2-8. ZY 外边缘

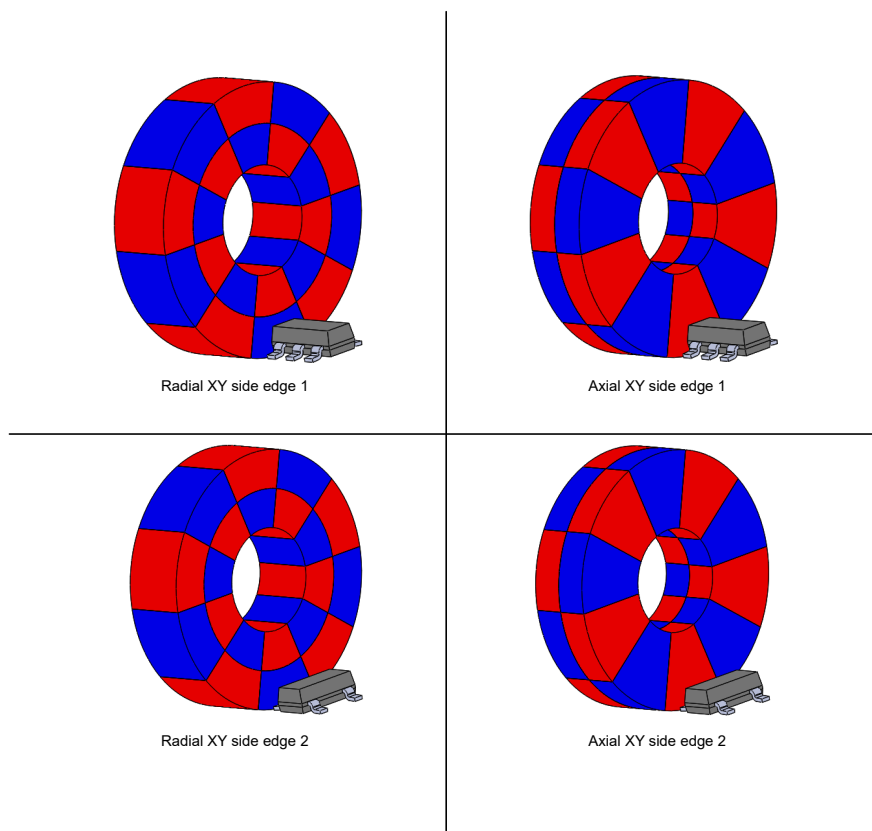


图 2-9. XY 侧边缘

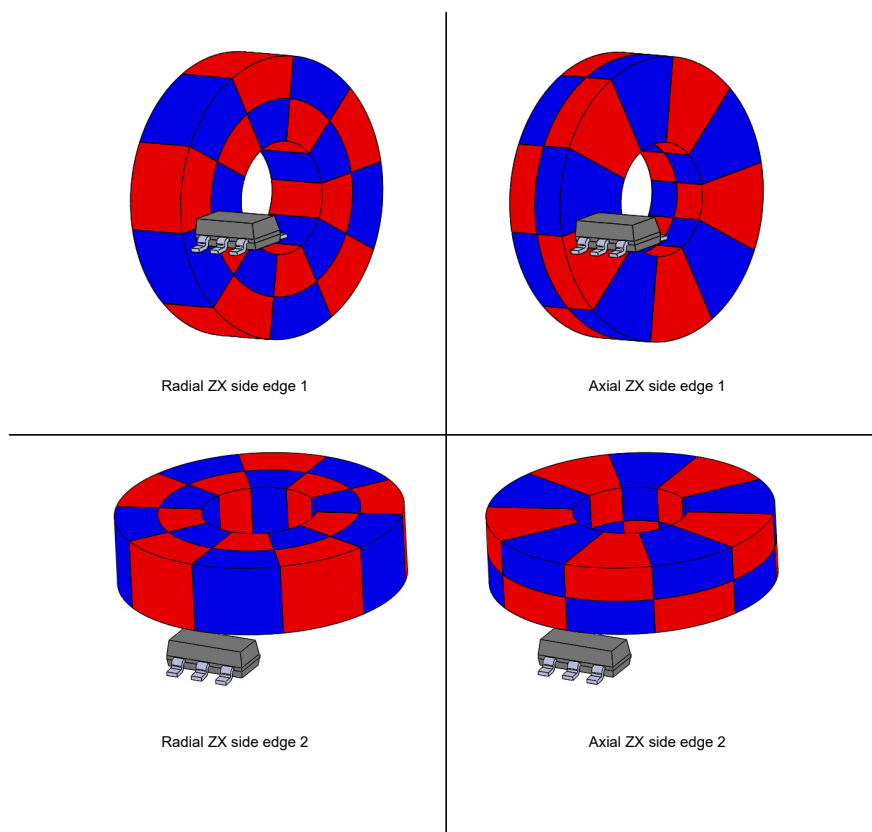


图 2-10. ZX 侧边缘

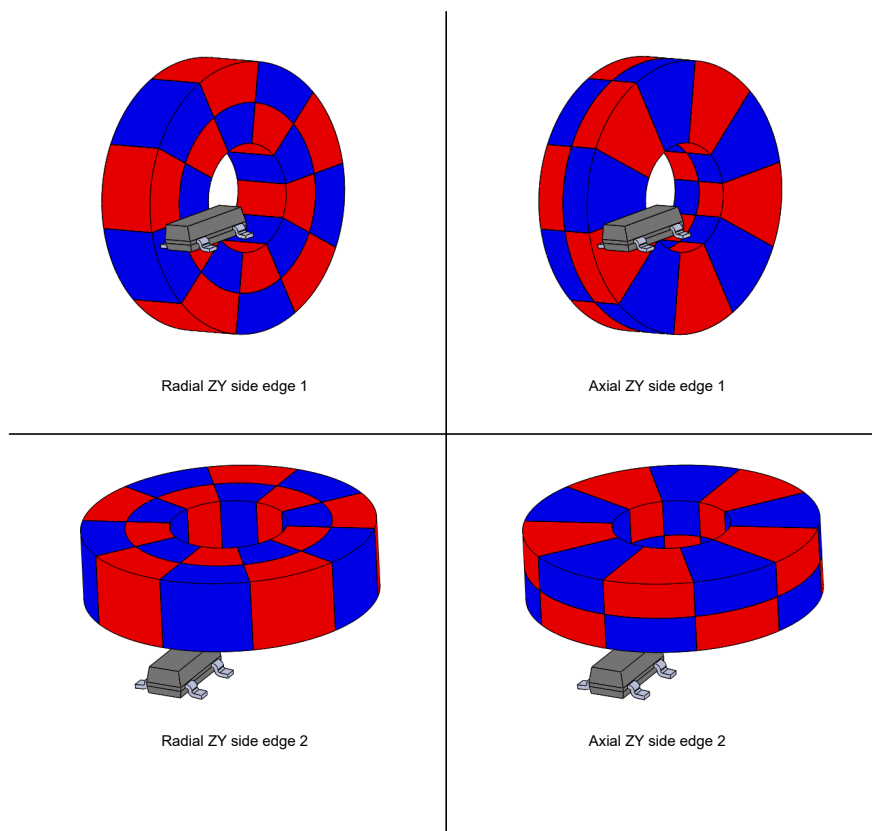


图 2-11. ZY 侧边缘

3 B_{OP} 和 B_{RP} 阈值

霍尔效应锁存器的另一个关键规格是 B_{OP} 或 B_{RP} 的阈值。这些规格规定了器件输出变为高电平或低电平所需的场强。阈值之间的区间为迟滞区间，器件会维持上一次触发阈值对应的输出状态。器件阈值越低，器件与环形磁体的间隔就越远。

为了说明这种影响，图 3-2 展示了位于图 3-1 所示平面内、距离一个 10 极、400mT B_r 、内径 1.59mm、外径 37.8579mm 的磁体外径表面 3mm 处的区域，设备可放置于此进行编码测量。 B_{OP} 和 B_{RP} 阈值每次降低时，器件可能放置的区域大小都会增大。

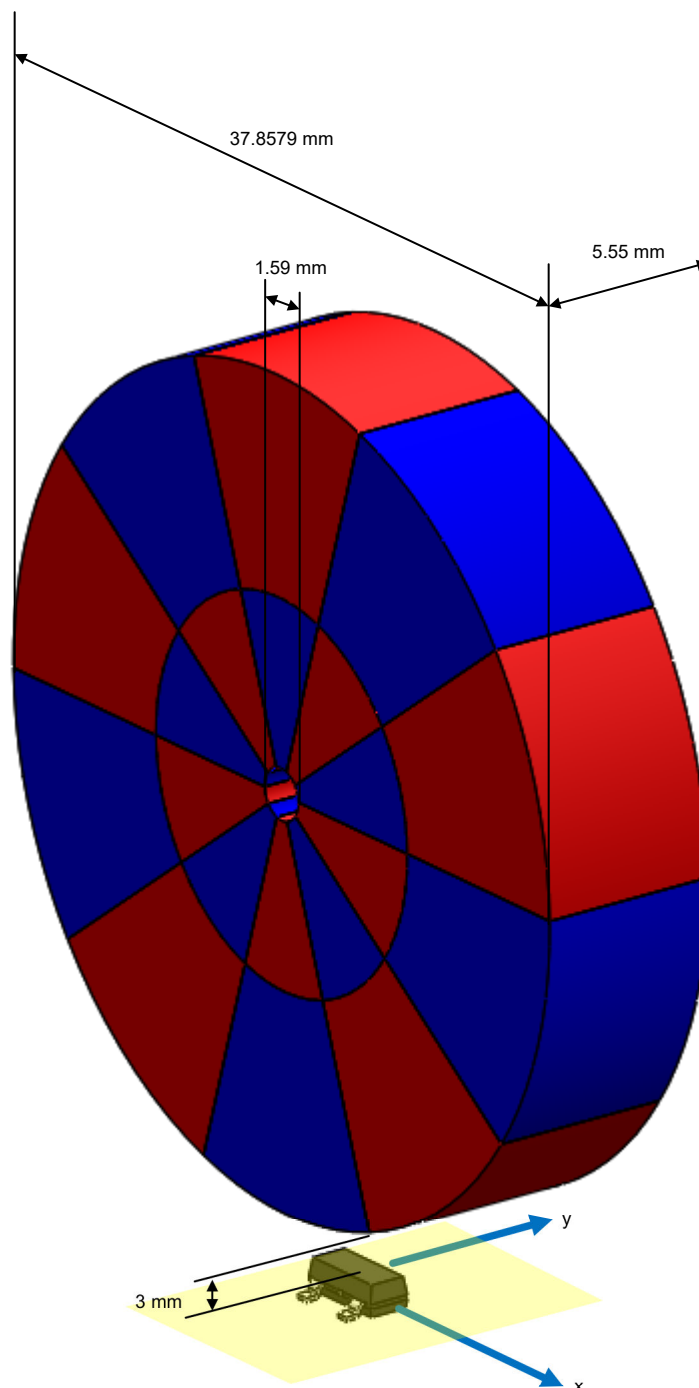


图 3-1. 磁体传感器的测试条件

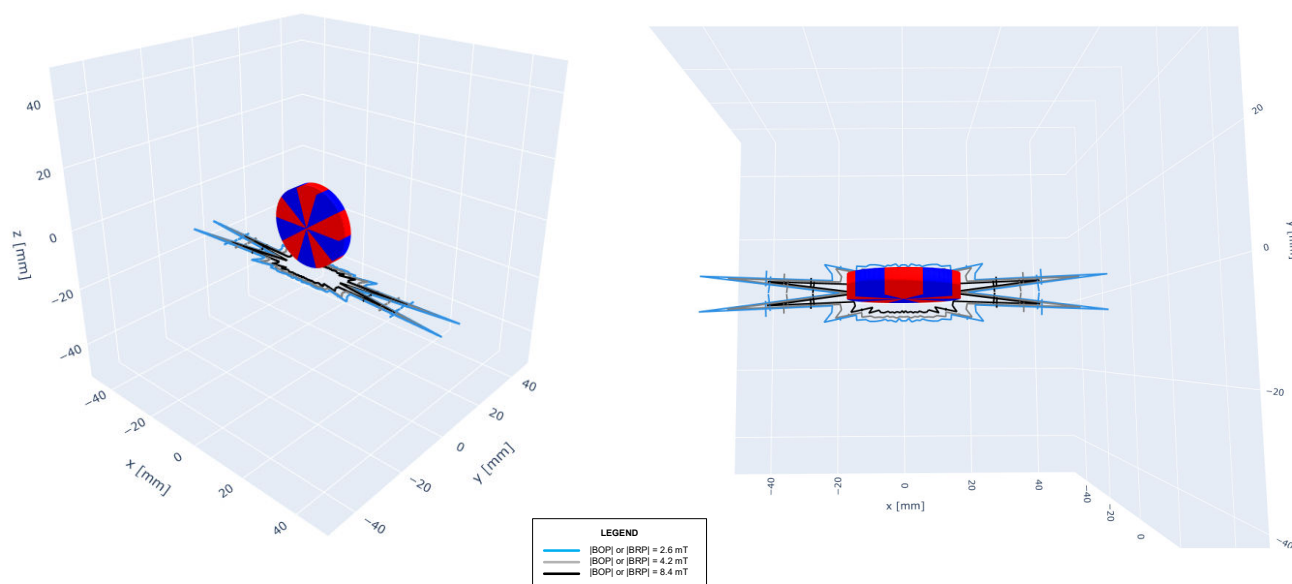


图 3-2. 每个 B_{OP} , B_{RP} 阈值的工作区域

4 总结

通过单个霍尔效应器件可以实现编码，从而减小电路板尺寸，降低布局精度要求和成本。与双平面器件相比，2D 锁存器可提供更高的分辨率，由此降低了对齿轮比的依赖，可实现更小步进量。2D 锁存器在布局放置上也具备更高灵活性，允许系统设计人员以不同朝向布置印刷电路板 (PCB) 以不同方向放置，从而进一步节省空间。最后，相对于用于编码的磁体，BOP 和 BRP 的阈值较低，可实现更灵活的放置。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月