

## Application Brief

使用霍尔效应传感器  
进行迎面线性位移检测

许多系统都具有需要计算线性位置的移动组件。过去，人们使用基于机械的设计（例如使用电位器的设计）来测量线性位置；然而，由于机械设计容易出现磨损，许多系统转为采用非接触式方法来进行线性位置检测。

一种可靠的非接触式线性位置测量方法可以通过使用磁体和线性霍尔位置传感器以迎面配置排列来实现，如图 1 中所示。在这种方法中，磁体放置在移动组件上，以便磁体随组件一起移动。线性霍尔位置传感器检测磁体产生的磁通密度。

电动工具或其他电器中的变速触发器就是一个需要进行线性位置测量的移动组件示例，该示例中需要测量触发器被按下的程度并将其转换为工具的运行速度。图 1 具体展示了一个无绳电钻中圆柱磁体和霍尔位置传感器的放置示例。该无绳电钻采用了迎面配置，用于将触发器被按压的程度转换为电钻的转速。在该示例中，完全按下触发器时，磁体距离霍尔位置传感器最近，而未按下触发器时，磁体距离最远。借助类似于图 1 中的方法，迎面配置还可用于洗衣机和烘干机中的液位或压力传感，以及扫地机器人中的物体或墙壁检测。

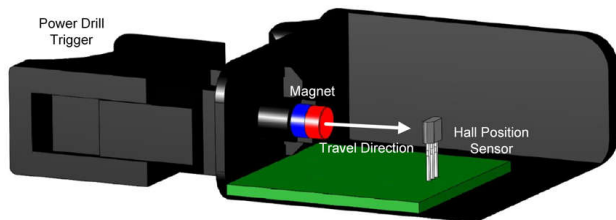


图 1. 电钻触发器中的迎面配置

在迎面配置中，霍尔位置传感器的线性测量轴沿着行程路径，因此如果磁体与霍尔位置传感器的感应轴对齐，这会得到一个距离与磁通密度的独特映射关系。

图 1 展示了磁通密度与距离的关系图示例，其中距离是磁体到霍尔位置传感器的距离。磁通密度与距离的映射关系取决于多种因素，例如磁体的材质和尺寸。与使用距离很近的极小磁体相比，使用尺寸更大的磁体和距离更远的感应距离通常可以实现更好的位置精度，因为磁通密度随着磁体的接近而呈指数级增长。DRV5056 距离测量工具可以计算迎面配置中不同磁体规格条件下磁通密度与距离的预期映射关系。

根据磁通密度与距离的预期映射关系，系统可以将线性霍尔位置传感器感应到的磁通密度转换为磁体位移距离。由于磁体随系统的移动组件而移动，因此该磁体位移距离与移动组件的线性位置位移相同。

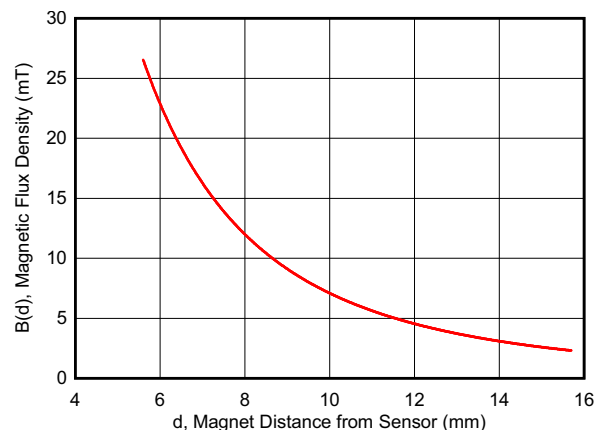


图 2. 磁通密度与距离间的关系图示例

## 为迎面位移功能选择合适的器件

必须使用线性霍尔位置传感器来检测磁体移动路径上多个点的距离。通常会根据以下规格选择合适的霍尔位置传感器：

- **灵敏度**：所选线性霍尔位置传感器应保证磁场范围大于系统中的最大磁通密度，同时还要确保获得最大分辨率，以提高精度。例如，假设某款霍尔位置传感器具有多个灵敏度型号，对应的磁场范围分别为 20mT、39mT、79mT 和 158mT。如果系统要感应的最大磁通密度为 45mT，请选择与 79mT 范

围相对应的灵敏度型号。79mT 范围支持感应系统中的最大磁通密度，而 20mT 和 39mT 型号则无法做到这一点。此外，与 158mT 范围选项相比，79mT 型号的磁通密度分辨率更高。

- **单极与双极：**双极霍尔位置传感器可同时检测磁体的北极和南极，而单极传感器只能检测一极。迎面位移配置的磁通密度要么完全为正，要么完全为负，具体取决于最靠近传感器的是磁体的南极还是北极。因此，单极霍尔位置传感器可用于迎面位移配置。单极传感器仅能感应一种极性，因此与相应的双极器件相比，这类传感器可能具有更高的感应分辨率；但是，双极器件会用到磁体的两个极，因此在放置磁体时可以不必要确定磁体的磁极是南极还是北极。
- **输出接口：**线性霍尔位置传感器可以具有模拟输出电压、数字 PWM 输出，或者 SPI 或 I2C 等数字通信接口。模拟输出电压常见于一维 (1D) 线性霍尔位置传感器，并需要外部 ADC，这会进一步增加系统的误差。数字通信接口常见于三维 (3D) 霍尔位置传感器，其内部 ADC 将感应到的磁通密度数字化为输出代码，以供从接口进行读取。对于 PWM 输出器件，输出脉冲的占空比会根据感应到的磁通密度而变化。PWM 输出对外部噪声的抗扰度更高。
- **工作电压范围：**不同的系统具有不同的可用电源电压。如果系统的可用电源电压均超出霍尔位置传感器的工作电压范围，则需要一个额外的稳压器来生成一个电压轨，以便为霍尔位置传感器供电。
- **频率带宽：**在对信号进行采样时，器件的最大带宽必须大于所采样信号的频率。DRV5056 等一些器件将带宽定义为 -3dB 截止频率。此时，信号路径的灵敏度降低了 -3dB。
- **偏移误差和灵敏度误差：**偏移误差是未施加磁场时的磁通密度读数。偏移误差可以用磁通密度、产生的输出电压漂移（对于电压输出）、产生的脉冲占空比漂移（对于 PWM 输出）或产生的输出代码变化（对于数字通信接口输出）来表示。灵敏度提供了有关器件如何将感应到的磁通密度转换为输出电压、数字输出代码或脉冲占空比的信息。这两个误差是在室温下测得的，并可以进行校准。
- **温漂和灵敏度温漂：**温漂显示了偏移在温度范围内的漂移。同样，灵敏度漂移显示了灵敏度在温度范围内的漂移。通过在整个温度范围内取多个校准点并使用温度传感器来根据测量的温度确定要使用的必要校正点，可以校准这两个误差。
- **噪声：**为了降低噪声，可以对多个样本求平均值，从而得到一个有效样本。对于模拟输出器件，如果未使用器件的全部带宽，也可以使用低通滤波器来降低噪声。请注意，这两个选项都会降低器件的频率带宽。
- **线性误差：**衡量灵敏度传递函数偏离直线的程度。
- **电流消耗：**当系统仅在部分时间内需要进行线性位置感应时，为了降低电流消耗，可以在这些时间内将线性霍尔位置传感器关断。关断方法是使用器件上的使能引脚（如果可用）、切断器件电源，或写入适当的低功耗模式寄存器（如果可用）。

- **比例式架构**：对于线性输出霍尔位置传感器，比例式架构可在外部 ADC 使用同一 VCC 作为基准时尽可能地减小 VCC 容差导致的误差。
- **平面内与平面外磁场方向**：平面内 1D 位置传感器对磁极与芯片在同一平面内的应用敏感，类似于图 1 中所示的 X 轴或 Y 轴磁体的应用。平面外 1D 位置传感器对垂直于封装内芯片的磁场分量敏感。图 1 中的 Z 轴磁体显示了 SOT23 表面贴装封装的平面外方向，而图 1 展示了 TO-92 穿孔封装的平面外方向。3D 霍尔位置传感器对 X、Y 和 Z 方向的磁场分量敏感。X 方向和 Y 方向的磁场与封装位于同一平面内，而 Z 方向的磁场与封装顶部垂直（平面外），如图 1 所示。

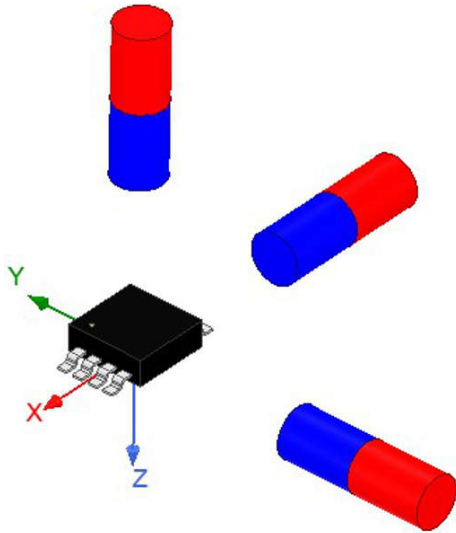


图 3. 3D 霍尔位置传感器示例中的 X (平面内)、Y (平面内) 和 Z (平面外) 方向

DRV5056 具有多种版本，非常适合迎面位移应用。各种具有不同灵敏度的型号可在线性位置应用中实现各种距离和磁体组合。该器件是单极器件，分辨率比双极器件 DRV5055 高两倍。此外，由于该器件只是一款 3 引脚模拟输出器件，因此与具有 I2C 或 SPI 通信线路的 3D 霍尔位置传感器相比，该器件尺寸更小。

3D 线性位置传感器可以在所有三个方向上进行感应，因此这些传感器支持在磁体沿 X、Y 或 Z 方向移动时测量线性位置。此外，当磁体相对于霍尔位置传感器轴线发生偏移时，这些传感器可以更好地测量移动组件的线性位置。除了使用不同器件型号获得的不同磁场范围外，一些 3D 线性霍尔位置传感器（比如 TMAG5170、TMAG5273 和 TMAG5173-Q1）还具有额外的磁场范围子集，用户可通过器件的数字通信接口（TMAG5170 的 SPI 接口，TMAG5273 和 TMAG5173-Q1 的 I2C 接口）配置适当的器件寄存器来从这些子集中进行选择。TMAG5170、TMAG5273 和 TMAG5173-Q1 还支持在内部对样本求平均值以降低噪声。此外，这些器件都支持睡眠模式，可用于降低器件的电流消耗。TMAG5170、TMAG5273 和 TMAG5173-Q1 也具有集成式 ADC，因此器件不需要 DRV5056 等外部 ADC。

### 备选器件建议

DRV5053 还可用于具有高电源电压的应用，因为 DRV5053 可支持高达 38V 的输入电压。对于需要即使磁体反向安装也能正常工作的迎面位移系统，也可以选择 DRV5055 全极线性位置传感器。如果需要 PWM 输出而不是模拟输出，也可以选择 DRV5057。表 1 中的链接提供了有关这些备选器件规格的更多详细信息：

表 1. 备选器件建议

器件	特性
<a href="#">DRV5053</a>	高电压（高达 38V）、线性霍尔效应传感器
<a href="#">DRV5055</a>	具有模拟输出的双极比例式线性霍尔效应传感器
<a href="#">DRV5057</a>	具有 PWM 输出的线性霍尔效应传感器

## 重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司