



Justin Beigel

Position Sensing

摘要

用户界面的标盘和旋钮通常使用旋转编码器或电位计来确定旋转或绝对角度的变化。这些方法具有内部金属触点，可能会随着时间的推移而磨损，并在长寿命应用中形成故障点。

减少系统中机电触点的数量可减少故障点并实现更可靠的设计。与使用霍尔效应传感器和磁体等其他非接触式实施方案的标盘相比，使用机电触点的标盘的寿命更短。

使用磁传感器实现标盘有多种方法，但使用具有集成坐标旋转数字计算机 (CORDIC) 计算的传感器可以通过寄存器报告提供角度位置数据，从而减少对外部处理数据的需求，并简化设计过程，同时仍提供准确的结果。否则，仅提供磁场强度的传感器必须让 MCU 执行计算以确定磁体的角度。霍尔效应传感器还提供各种不同的满量程测量范围，以支持使用各种磁体。

本白皮书简要介绍了磁传感器，描述了其在非接触式标盘应用中的使用，并阐述了非接触式方法的优点。

内容

| | |
|-----------------------|---|
| 1 机械旋钮和旋转编码器存在问题..... | 1 |
| 2 用于旋转感应的霍尔效应传感器..... | 2 |
| 3 磁标盘的设计注意事项..... | 4 |
| 4 结语..... | 4 |
| 5 参考文献..... | 4 |

插图清单

| | |
|---------------------------------|---|
| 图 2-1. 霍尔效应开关输出..... | 2 |
| 图 2-2. 霍尔效应锁存器输出..... | 2 |
| 图 2-3. 线性霍尔效应传感器输出..... | 3 |
| 图 2-4. 具有正交输出的双传感器方案..... | 3 |
| 图 2-5. 3D 线性霍尔效应传感器磁体和输出数据..... | 4 |

1 机械旋钮和旋转编码器存在问题

在人机界面 (HMI) 系统中实现标盘的一种常见方法是使用电位器或旋转编码器。这两种实现方案都可能具有内部触点，这些触点会发生变化以提供旋转输出。

电位器具有一个电阻元件和一个沿着元件移动的滑动触点。根据电位计的旋转情况，电阻会发生变化，从而可以确定旋转变化。这些器件相对便宜，通常只需三个触点即可实现。

旋转编码器可以测量绝对角度或增量角度变化。机电旋转编码器使用印刷电路板上的轨道和编码器旋转时移动的触点构建而成。旋转编码器可通过机电感应和非接触式感应来实现，其成本因不同的技术而异。

但电位器和机电旋转编码器都有一个重大问题，那就是磨损。当触点在其他电气元件上移动时，它们会随着时间的推移而击穿，从而导致性能发生变化或最终导致完全无法运行。任何功能丧失都会导致具有机电旋转编码器和电位器的产品需要维修或更换。使用磁、电感或光学方法执行旋转感应可消除可能的故障模式，从而缩短产品寿命，但由于需要额外的元件，这些实现方案可能需要更高的成本。磁旋转感应需要使用磁体和传感器来确定旋转变化。其中一种选择是测量磁场强度的霍尔效应传感器。

2 用于旋转感应的霍尔效应传感器

霍尔效应传感器可测量磁体的磁场强度，有三种不同的类型：开关、锁存器和线性传感器。

开关和锁存器根据磁场强度提供数字输出。当磁场高于图 2-1 中所示的特定阈值时，开关会提供输出；当感应到磁场从北向南或从南向北变化时，锁存器会切换输出，如图 2-2 中所示。这些器件只提供数字响应，但比线性霍尔传感器便宜，并且具有低功耗型号。这些器件可提供与有刷旋转编码器类似的信息，其中可以根据实施情况了解增加的增量和方向。

线性霍尔传感器将磁场强度表示为寄存器输出或模拟输出，如图 2-3 所示。如果需要检测磁场的多个轴，德州仪器 (TI) 的 [TMAG5170](#)、[TMAG5170D-Q1](#)、[TMAG5173-Q1](#) 和 [TMAG5273](#) 等霍尔效应传感器对磁场的三个轴都很敏感，因此只需一个传感器即可确定磁体的旋转。这些器件采用 CORDIC 算法，可轻松获取磁场角度，而不是根据单独的磁场数据进行计算。线性霍尔传感器的成本高于开关或锁存器，但提供有关旋转的附加数据，甚至可用于确定磁体的绝对角度。

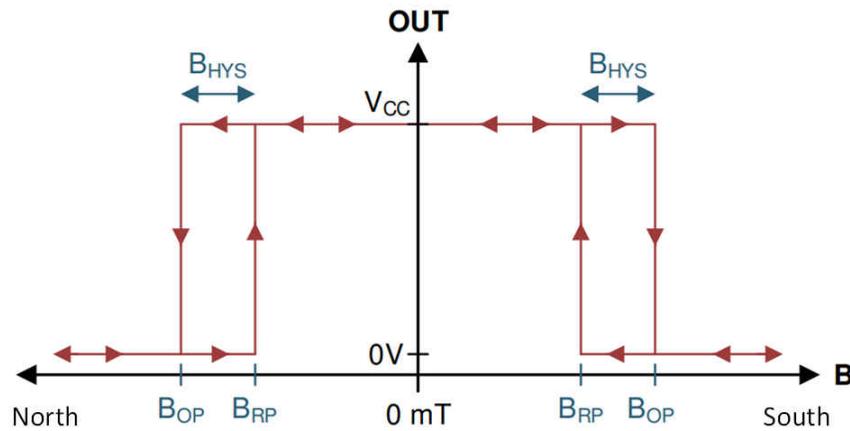


图 2-1. 霍尔效应开关输出

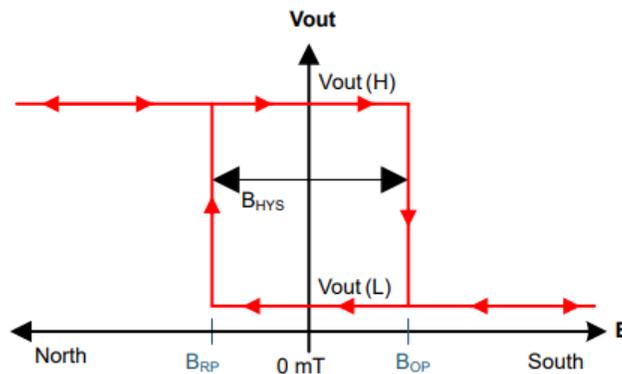


图 2-2. 霍尔效应锁存器输出

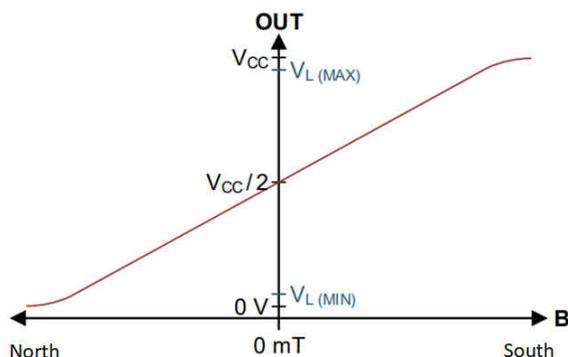


图 2-3. 线性霍尔效应传感器输出

带有开关的旋转编码使用两个异相传感器来测量旋转中的变化方向。

使用环形磁体时，可以从具有锁存器的单个器件获取旋转信息。但使用多个锁存器可提供有关系统的更多信息，并增加给定环形磁体可检测到的位置数。例如，当使用 16 极环形磁体时，单个锁存器可提供高低信号来确定旋转的变化。但是，如果使用两个异相锁存器（如图 2-4 所示），现在两个锁存器的开关输出有四种不同的组合可用于确定旋转变化的方向。由于每次旋转的状态变化数量增加，此配置还可提供较小的旋转分辨率。

传感器的放置对于从锁存器获得良好的正交输出非常重要。单锁存器方案无法提供有关变化方向的信息，但多锁存器方案可以通过使用上升沿或下降沿变化的顺序来提供该信息。

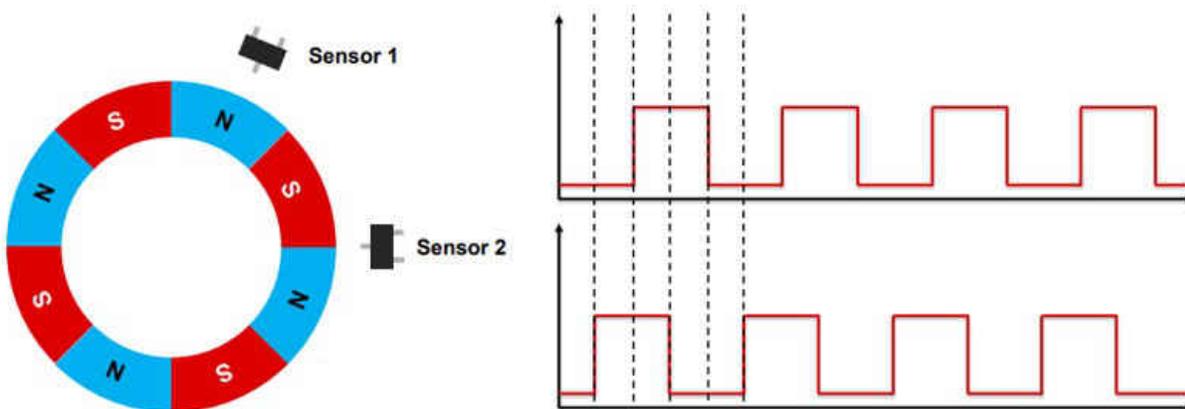


图 2-4. 具有正交输出的双传感器方案

3D 线性传感器可以使用磁场的多个轴来确定磁体的角度。使用霍尔效应传感器上方的单径向极化圆柱形磁体（如图 2-5 所示），当磁体在霍尔效应传感器上方旋转时，磁场的 X 和 Y 分量会以正弦模式变化。由于这两个信号相位差，因此可以计算出磁体的精确角度。

一些霍尔效应传感器具有内置算法来确定磁体的角度，因此微控制器只需读取寄存器，而无需对磁场数据进行任何后处理。借助 3D 霍尔效应传感器，第三个磁场轴可在标盘上实现杂散磁场抗扰度或推入功能。此外，磁体无需始终位于霍尔效应传感器的正上方即可实现旋转感应。由于传感器会感应磁场的三个轴，因此将磁体放置在平面或霍尔效应传感器的偏移位置仍然可以产生精确的旋转信息。

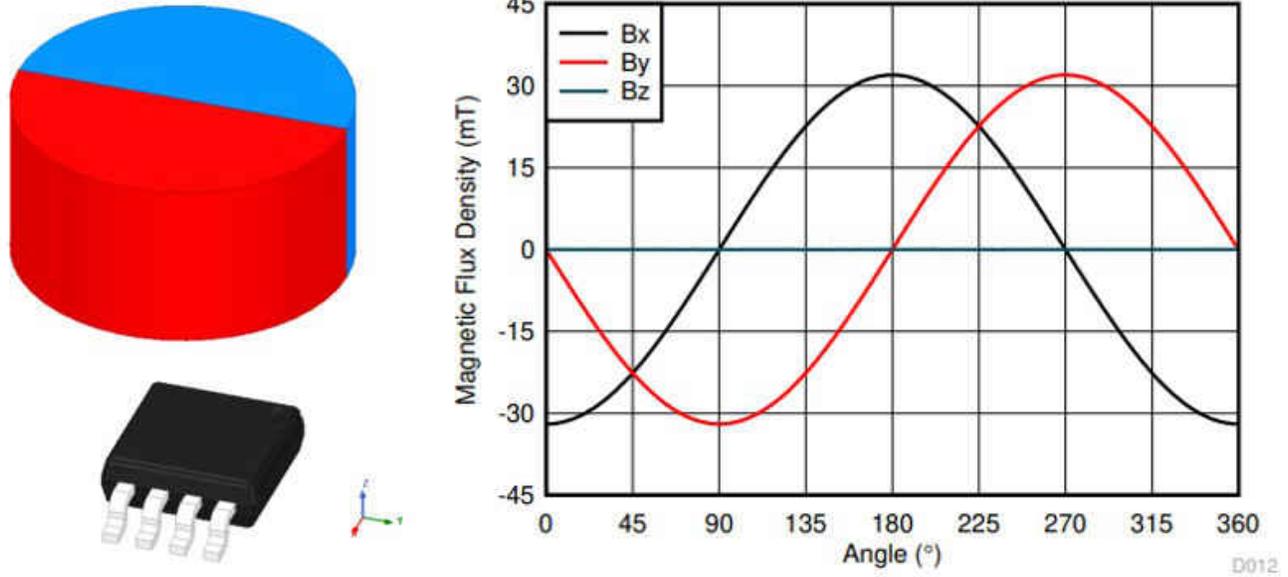


图 2-5. 3D 线性霍尔效应传感器磁体和输出数据

3 磁标盘的设计注意事项

为 HMI 应用构建标盘或旋转编码器不需要高采样率。较低的采样率使霍尔效应器件能够使用睡眠或唤醒模式等低功耗特性，或者集成数据平均值计算功能以实现更高的信噪比。使用霍尔效应传感器设计标盘时，可通过触觉反馈或在机械设计中包含陷波来实现机械反馈。

改变标盘的机械设计以提供机械反馈，可以实现在设计功能选择器等器件时，对齐到旋转范围的某些区域或避免中间状态。由于旋转感应不再涉及机械类实施，因此标盘机械方面的任何磨损都不会影响旋转感应性能。虽然标盘的触感可能会有所降级，但通过可靠的感应实施方案，产品仍能继续工作更长时间，无需维修或更换。

4 结语

设计霍尔效应标盘时，需要考虑正确选择磁体和传感器，但要消除机械磨损导致的故障点。对于汽车中控台中的音量旋钮或电器上的选择标盘等应用而言，减少潜在故障点可能是一项重要改进，因为这些产品难以维修或维修成本高昂。许多磁体供应商都有用于确定磁体强度的工具，可用于确定合适的霍尔效应传感器。

5 参考文献

有关在旋转应用中使用霍尔效应传感器的更多详细信息，请参阅德州仪器 (TI) 的 [使用多轴线性霍尔效应传感器进行角度测量](#) 应用手册。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司