

Application Brief

3D 霍尔效应传感器在机器人设计中的机械优势



Scott Bryson

Position Sensing

引言

机器人机制需要通过编程对设置和控制行为进行响应才能完成特定任务。这些任务涵盖移动运输、稳定性控制或制造和装配作业。机器人在每种情况下的运动都通过电机驱动机制进行控制，该机制可以直接驱动，或通过其他方式（例如齿轮箱、皮带、螺杆或齿条与小齿轮）耦合到系统。

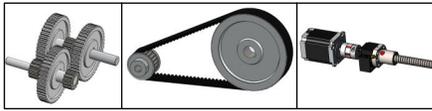


图 1. 机器人机制

在所有情况下，电机轴的旋转都与系统耦合。鉴于各种原因，在任何应用中，了解电机转轴位置与整体系统行为的关系都至关重要。

- 可靠的位置控制，可实现一致的系统控制
- 降低对系统、附近物体和人员造成损坏或伤害的风险
- 改进功能的同步和时序控制，可实现更快的响应

这些因素会影响自主移动机器人在仓库的自行导航能力，或六轴机械臂执行装配任务时的精度和可重复性。

虽然位置信息可从用于电机换向的传感器中逐渐获得，但通常需要更高的精度才能产生一致的行为。角度编码器通常用于跟踪电机轴的位置，以提供所需的精度。

角度编码设计

要测量电机轴的绝对角度，编码器必须对电机轴本身执行测量。大多数机器人应用都需要通常使用磁感应或光学编码获得的绝对位置信息。为了可靠地运行，光学编码器需要笨重的外壳来保护传感器免受污垢、灰尘或其他污染物的影响。此外，这些设计必须与电机轴机械耦合，并且可能会在运行速度上受到限制。

磁感应和电感感应都能应对这两个挑战。在将磁体连接到电机轴的情况下，可以通过测量磁场来确定角度位置。有关此测量的更多信息，请参阅[利用霍尔效应传感器测量旋转运动的绝对角度](#)应用简介。

磁感应

标准霍尔效应磁传感器本质上是一个维度。霍尔效应测量由洛伦兹力引起的载流元件中的电压差。本质上，施加的磁场、电流和电压是相互正交的。因此，单个器件只能测量三维磁场的分量。

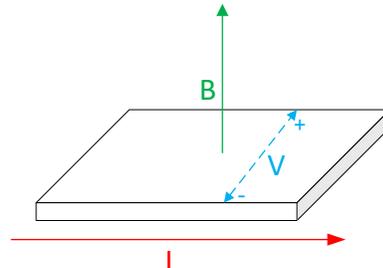


图 2. 霍尔效应

要使用反正切函数有效测量 360 度全旋转的角度，需要使用两个分别为 90 度的感应元件。[一维霍尔效应传感器的放置](#)中显示了使用标准一维传感器的相应布置

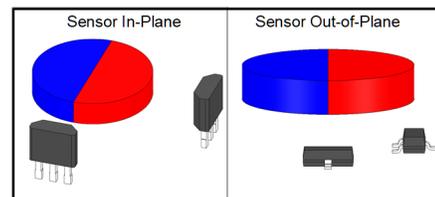


图 3. 一维霍尔效应传感器的放置

虽然这种感应磁体位置的方法确实提供了所需的输入，但它需要对旋转磁体的两个传感器进行物理隔离。每个传感器必须与磁体正确对齐，以实现更高质量的输入。克服这一挑战通常需要仔细组装。表面贴装器件可能会在回流焊过程中自定位时旋转，而通孔器件在组装过程中需要使用夹具或垫片，以确保高度一致并对齐。即使在焊接过程中实现了理想对齐，对器件施加的力也可能会弯曲引线并产生非理想对齐。

因此，[TMAG5170](#)、[TMAG5273](#) 和 [TMAG5173-Q1](#) 等单片 3D 霍尔效应传感器是机器人位置编码器的理想选择。这种类型的器件能够测量和报告 B 场矢量的各个分量，请参阅[图 1](#)。

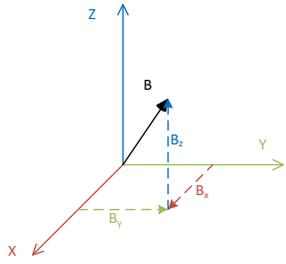


图 4. B 场矢量

在监控每个组件时，旋转磁体自然会向传感器提供相位差为 90 度的输入。

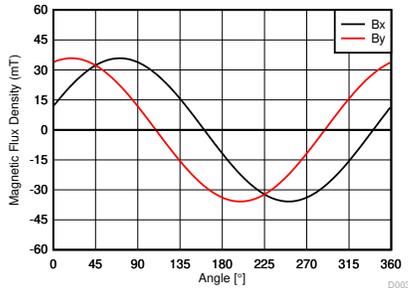


图 5. 3D 磁输入示例

使用 3D 霍尔效应传感器时，用于测量磁场的霍尔元件在同一芯片内相互正交。因此，在寻找角度位置时，小的焊接错位更容易被接受，因为传感元件始终保持相互对齐。当使用集成到单个芯片中的传感器时，灵敏度匹配也会得到改善，因为它们在制造过程中会遇到类似的情况。

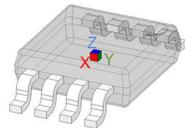


图 6. 3D 霍尔效应传感器

现在只有一个封装需要对齐，磁体的放置更加灵活。可以使用安装在轴穿孔上的环形磁体或标准圆柱形磁体的末端。该传感器可以方便地放置在磁体可触及范围内的任何位置，以实现紧凑的编码设计。

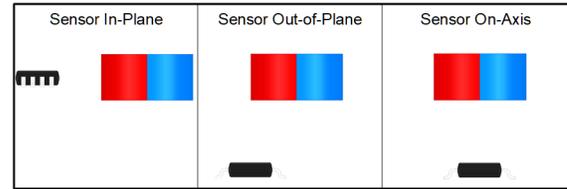


图 7. 3D 霍尔效应传感器的放置

此系列器件的另一个巨大优势是能够通过数字接口将数据发送回微控制器。由于数字数据不易损坏，因此在通过线缆传输时，干扰电气噪声并不重要。对于所有读取操作，循环冗余校验 (CRC) 可确保信号完整性。这也允许远程放置微控制器，从而提高机械设计的多功能性。

TMAG5170 还能够在正常运行期间运行自诊断。其中包括检查内部存储器、V_{CC} 状态、内部 LDO 状态、输出引脚电压、温度和其他器件功能验证。此功能提供有关器件状态的实时信息，以帮助指导可能影响可靠性或安全性的系统操作。

表 1. 备选器件建议

数据表	特性	设计注意事项
DRV5055 比例式线性霍尔效应传感器 (DRV5055-Q1 汽车比例式线性霍尔效应传感器)	具有模拟输出、采用 SOT-23 和 TO-92 封装的商用 (汽车类) 单轴双极性线性霍尔效应传感器	一维模拟输出受电气噪声影响，计算需要微控制器计算。 由于需要两个传感器，因此更难对齐。
TMAG5170 具有 SPI 的高精度 3D 线性霍尔效应传感器 (TMAG5170-Q1 具有 SPI 的高精度 3D 线性霍尔效应传感器)	具有 SPI 接口、采用 8 引脚 DGK 封装的商用 (汽车) 级线性 3D 霍尔效应位置传感器	高磁矢量灵敏度。该器件能够跟踪各种磁体位置，但仍需要仔细规划，确保所有输入条件都映射到特定位置。
TMAG5273 具有 I2C 接口的低功耗线性 3D 霍尔效应传感器	具有 I2C 接口、采用 6 引脚 SOT-23 封装的线性 3D 霍尔效应位置传感器	TMAG5170 具有更严格的灵敏度容差，而 TMAG5273 则在 I2C 上运行
TMAG5173-Q1 具有 I2C 接口的汽车级高精度、线性 3D 霍尔效应传感器	具有 I2C 接口、采用 6 引脚 SOT-23 封装的汽车级高精度、线性 3D 霍尔效应传感器	TMAG5173-Q1 是一款低功耗线性 3D 霍尔效应传感器系统可满足 ASIL D 等级要求且硬件完整性符合 ASIL B 或 SIL 2 要求

表 2. 相关技术资源

名称	说明
使用多轴霍尔效应传感器进行角度测量	详细介绍使用 TMAG5170 进行角度测量的应用手册
利用霍尔效应传感器测量旋转运动的绝对角度	介绍使用霍尔效应磁传感器进行角度测量的应用简报
TIDA-060040	参考设计和测试结果，演示了使用 1D 和 3D 霍尔效应传感器在各种对齐配置中的角度精度和校准。
TMAG5170UEVM	GUI 和附加装置采用精确的三维线性霍尔效应传感器进行角度测量
TMAG5273EVM	GUI 和附加装置采用精确的三维线性霍尔效应传感器进行角度测量
DRV5055EVM	EVM 包含一个数字显示屏，具有多种拟合直线的线性灵敏度。
TI 精密实验室 - 磁传感器	介绍霍尔效应以及如何各种应用中利用霍尔效应的实用视频系列
TMAG5173EVM	用于评估 TMAG5173-Q1 器件（线性 3D 霍尔效应传感器）的主要特性和性能的易用型平台。此 EVM 包括一个磁体和一个 TMAG5173-Q1 子板。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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