

Jacob Nogaj

Current and Position Sensing

引言

旋转式流量计利用流体流动，以与流速成正比的速度旋转机械组件。与使用簧片开关的流量计相比，采用霍尔效应传感器可实现更小的外形尺寸设计、更长的器件寿命以及更小的组装误差。

可通过磁性叶轮和霍尔效应传感器实施一种测量流体流速的可靠非接触式方法，如图 1 所示。在这种方法中，磁体被放置在叶轮上，这样霍尔传感器能够检测叶轮旋转时不断变化的磁场。这种不断变化的磁场会使霍尔器件在超过磁性阈值时改变输出状态。因此，霍尔传感器输出频率可用于测量流经仪表的液体流速。

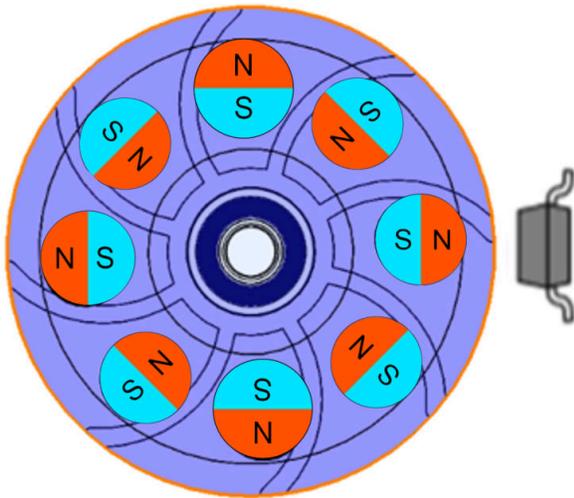


图 1. 流量计运行图

在设计机械类流量计时，有必要评估系统方案的基本要求。最小和最大流速等特性决定了叶轮尺寸等机械因素。磁体选择会影响适合应用的霍尔效应传感器的类型。因此，系统精度要求将影响实现测量所需的磁极或霍尔传感器的总数。

器件灵敏度

选择霍尔效应传感器时，请确保该传感器对流量计中使用的磁体具有足够的灵敏度。磁体的位置和尺寸可能会显著影响霍尔效应传感器检测到的磁通密度。霍尔效应器件通常会提供多种灵敏度选项，以满足应用的具体灵敏度要求。选择霍尔效应传感器时，必须确保具有足够的磁余量，以可靠地触发磁场变化。

单极开关

单极开关是现有最简单的霍尔效应器件，能够在单一方向（磁体的北极或南极）上检测 B_{OP} 和 B_{RP} 。使用具有单个检测方向的传感器时，磁体方向需要摆放正确才能实现磁场检测。霍尔效应开关的常见磁体方案包括南极或北极朝向磁体交替摆放，或者单个朝向磁体相距较远，使得磁体之间的磁场强度低于 B_{RP} 阈值。在数字霍尔效应器件中， B_{OP} 和 B_{RP} 决定了器件的开关阈值。对于霍尔效应开关，此特性使得输出占空比取决于磁场阈值水平和磁体运动。通常，与采用锁存器时相比，在流量计设计中实现霍尔效应开关时必须更加小心。不过，开关可以与各种磁体方案配合使用，从而进一步提高了流量计机械设计的灵活性。图 2 显示了单极开关的工作方式。

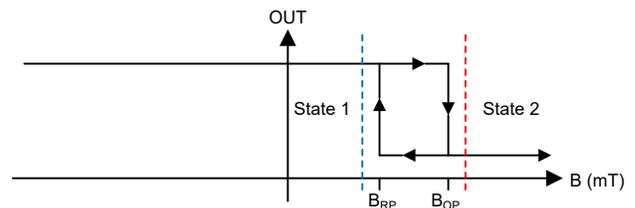


图 2. 单极开关工作

全极开关

全极开关就像是两个连接在一起但极性相反的单极开关。因此，该开关仍旧采用 B_{OP} 和 B_{RP} 工作；不过，磁场的极性不再影响传感器的输出。此方案要求磁体相距较远，使得磁体间的磁场强度低于 B_{RP} 阈值。使用全极开关时，磁体可以按照任意方向（北向或南向）摆放，而磁极都不会给传感器工作造成影响。磁体可以按照任一方向摆放，从而简化了流量计的整体机械组装。图 3 中显示了全极开关的工作方式。

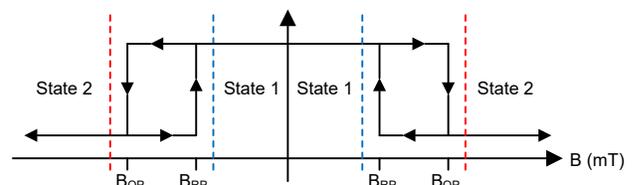


图 3. 全极开关工作

1D 锁存器

一维 (1D) 霍尔效应锁存器具有与开关相似的工作特性，但存在一个独特之处，即保留之前的输出状态，直到检测到相反极性的磁极。因此，传感器必须检测变化的磁极，以便在输出上产生相应的变化。假设磁体间距相等，那么不管检测频率如何，锁存器的输出波形占空比都约为 50%。图 4 展示了霍尔效应锁存器的工作特性。

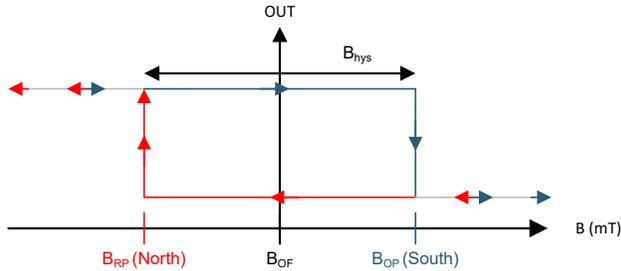


图 4. 锁存器工作

2D 集成锁存器

二维 (2D) 霍尔效应锁存器采用与 1D 霍尔效应锁存器相似的工作方式，但在单个封装中集成了多个感应元件。在 **TMAG5111** 器件中，这一特性支持旋转感应和方向感应。由于具有多个感应元件，2D 锁存器无需额外的磁极，即可提高传感系统的分辨率。此外，2D 霍尔效应锁存器具有固有的正交特性，因此无需像 1D 霍尔效应锁存器那样精确地按照互成 90° 的方式交错放置。正交输出可以实现更准确的频率测量，以及机械式流量计中的回流检测功能。

带宽

与具有模拟带宽的运算放大器等器件不同，霍尔效应传感器具有数字带宽。带宽决定霍尔效应传感器能够检测的最大频率。必须考虑流量计中存在的磁极总数，以验证叶轮的最大转速是否小于器件的带宽。例如，如果流量计采用高带宽 **DRV5013** 霍尔效应锁存器 (30kHz) 和具有 32 个极点 (16 个北极, 16 个南极) 的环形磁体，则理论上的最大典型检测速度为每秒 1875 转。使用计算得出的最大检测转速来验证最大流速并不会导致机械组件超过霍尔效应器件的检测能力。

表 1. 霍尔效应传感器摘要

	单极开关	全极开关	1D 锁存器	2D 锁存器
磁体方案	交替磁极, 间隔单向磁体	间隔磁体 (朝北或朝南)	交替磁极	交替磁极
成本	平均水平	平均水平	更便宜	更昂贵
方向感应功能	需要多个传感器	无法实现	需要多个传感器	集成式
封装选项	X2SON、TO-92、SOT-23	X2SON、TO-92、SOT-23	X2SON、TO-92、SOT-23、DSBGA	SOT-23
输出级	推挽、开漏、电流	推挽、开漏	推挽、开漏	开漏

有关在流量计应用中使用霍尔效应传感器的更多详细信息和指南，请参阅表 2 和

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传感器的工作电压范围，则需要一个额外的电压稳压器来生成一个电压轨，以便为霍尔传感器供电。**DRV5013** 等器件具有宽电源电压范围 (2.5V 至 38V)，因此霍尔效应传感器适用于各种高压或低压应用。

封装

封装选择可影响流量计的机械设计，因为封装的尺寸和灵敏度面决定了霍尔效应传感器的位置。通过将表面贴装封装与引线式 TO-92 封装进行比较，可以非常明显地感受到该影响。图 5 显示了采用 SOT-23 和 TO-92 封装的传统及平面霍尔效应传感器的检测方向差异。此外，如果机械约束显示了霍尔传感器安装选项，可以使用平面传感器来检测封装外侧的磁场 (图 5)。

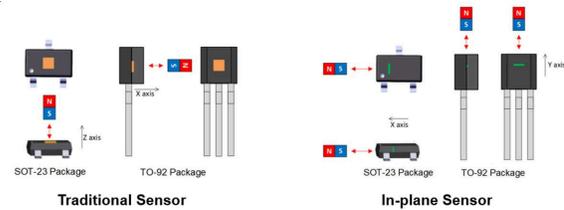


图 5. 封装灵敏度

功耗

低功耗霍尔效应器件能够通过减少有效电流消耗来延长电池供电系统的运行寿命。例如，**DRV5032** 低功耗霍尔效应开关具有一个采样率为 5Hz 的器件，在 1.8V 电源条件下典型电流消耗仅为 0.54μA。电流消耗通常与器件带宽成反比，因此有必要为目标流量监测应用平衡这两个特性。如果需要高带宽和低功耗，则可能有必要通过在外部对睡眠或使能引脚 (如果器件拥有该引脚的话) 进行周期性运行或者对器件的 V_{CC} 引脚进行周期性运行来降低平均电流消耗。

有关霍尔效应传感器功能的比较摘要，请参阅表 1。

表 3。

表 2. 备选器件建议

器件	特性	设计注意事项
TMAG5231	低功耗、低压 (1.65V 至 5.5V) 全极霍尔效应开关。采用 SOT-23 封装	最小电源电压为 1.65V、带宽为 20Hz 的低功耗全极开关，专为优化紧凑型电池供电消费类和工业应用的总系统成本而设计。推挽输出级不需要外部上拉电阻器。
TMAG5123	高压 (高达 38V)、平面高精度开关。采用 SOT-23 封装	宽电源电压范围 (2.5V 至 38V)。高带宽单极开关 (40kHz)。平面开关可实现磁场的横向感应，从而在空间受限的系统中为传感器和磁体提供灵活性。
DRV5011	低压霍尔效应锁存器。采用 DSBGA、SOT-23、TO-92 和 X2SON 封装	最低电源电压为 2.5V，高带宽 1D 锁存器 (30kHz)。各种封装选项可用于小型流量计设计。推挽输出级不需要外部上拉电阻器。
TMAG5110	高灵敏度 2D 双通道霍尔效应锁存器。采用 SOT-23 封装	宽电源电压范围 (2.5V 至 38V)。高带宽 2D 锁存器 (40kHz)。与 1D 锁存器相比，2D 集成锁存器可实现更高的灵敏度。实现支持双向感应以实现反向流量检测。

表 3. 相关技术资源

名称	说明
TI 高精度实验室 - 磁传感器	一个实用的视频系列，介绍霍尔效应及其在各种应用中的使用方式
Magnetic Sensing Proximity Tool	可用于帮助确定可能的磁传感器设计的工具
低功耗应用中的霍尔效应传感器	有关在低功耗应用中设计霍尔效应传感器的应用报告
霍尔效应传感器是什么？	介绍霍尔效应及其如何用于制造磁传感器
使用霍尔效应传感器进行转换检测	有关类似霍尔效应开关应用的应用报告
霍尔适配器 EVM	提供了一种连接霍尔效应 IC 的快速、简单且价格低廉的方法

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司