

使用霍尔效应传感器针对篡改和移动终点位置检测实现限制检测



随着高级诊断功能日益包含在各种应用中，通常需要检测系统中何时发生独特或异常事件。要检测的示例事件可能包括检测常闭系统何时打开、检测执行器或控制元件是否到达其移动终点位置，甚至检测大型外部磁场。在所有这些情况下，一个简单的霍尔效应传感器通常能够可靠而稳健地解决该问题。本文讨论了如何使用霍尔位置传感器为磁篡改检测、外壳篡改检测和移动终点位置检测等用例实现限制检测功能。

磁篡改检测

外部磁场可能会影响某些系统中的磁敏元件。示例应用可能包括电表、燃气表、门窗传感器、无绳电动工具和电子智能锁。为了处理外部磁场篡改系统的问题，可以使用霍尔位置传感器在外部磁场超出预定义限制时向系统发出警报。该限值的选择应确保霍尔位置传感器在外部磁场强到足以显著影响系统运行之前检测到外部磁场。

为了检测磁体北极或南极的强磁场，通常使用全极霍尔位置传感器。全极传感器将检测与磁体两极相关的限值。此外，可以使用三个跨三个方向排列的一维霍尔传感器或一个三维霍尔传感器来检测所有三个维度上的强磁体。如果只需要检测永磁体，则通常使用霍尔开关，通过霍尔开关的 B_{OP} 规格设置磁性限值。但是，如果还必须检测交流磁场，则可以改用线性霍尔传感器。如果系统由电池供电，则占空比模式运行也很常见，在该模式下，霍尔位置传感器在主动测量模式和低功耗睡眠模式之间交替，以降低平均电流消耗。

例如，在电表中，强磁体会使任何电流互感器电流传感器或电源变压器瘫痪。因此，人们通常在电表上放置强磁铁来窃电。干扰性磁体可以是如图 1 所示的圆柱体磁体，甚至是条形磁体。为了抵消磁篡改，仪表制造商通常使用霍尔位置传感器来检测外部磁场是否超出预定义的限值。在某些情况下，作为预防措施，电表会通过向客户过度充电来处理检测到的磁篡改问题。



图 1. 电表中的磁篡改

外壳篡改检测

某些应用实现了其他应用无法实现的安全外壳或壳体。示例应用包括电表、燃气表、电子销售终端 (EPOS)、机顶盒 (STB)、ATM 和企业服务器。对于这些类型的应用，通常必须检测诸如打开外壳或壳体之类的入侵尝试。

实现这种外壳篡改检测特性的一种方法是，在外壳上放置一个圆柱体磁体，并将霍尔开关直接放置在该磁体下方，如图 2 所示。当外壳闭合时，霍尔位置传感器检测到磁通密度超出霍尔开关的 B_{OP} 。当外壳打开时，磁体将随外壳一起移动，从而远离霍尔传感器。

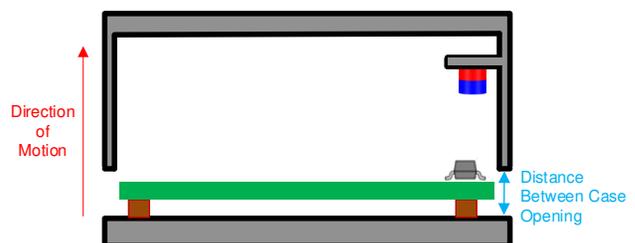


图 2. 外壳篡改检测实现

随着与磁体和传感器距离的增加，检测到的磁通密度会降低。最终，磁体到传感器的距离将达到一个距离阈值，使检测到的磁通密度降至低于磁通密度限值，这将触发霍尔位置传感器的输出状态发生变化，并向系统发出外壳打开的警报。对于此类检测方案，磁通密度限值由霍尔开关的 B_{RP} 规格设置。选择霍尔位置传感器时，应使其 B_{RP} 等于磁体到传感器的距离为所需距离阈值时产生的磁通密度。还需要考虑一些因素，以确保外壳闭合时的磁通密度远低于磁通密度限值，以防止误动作。

图 3 显示了 B_{OP} 、 B_{RP} 和用于检测外壳打开的限值阈值之间的关系。在该图中，检测到的磁通密度在外壳打开之前是恒定的。

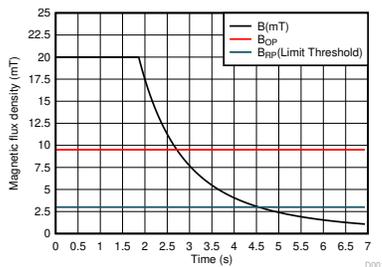


图 3. 用于外壳篡改检测的磁通密度

移动终点位置检测

霍尔位置传感器还可用于检测系统中移动组件的移动终点位置事件。在移动组件超出预期移动范围时进行诊断是移动终点位置检测的典型用例。这方面的示例应用包括汽车中的滑动门模块、车窗模块、车顶电机模块和雨刮器模块。在这种情况下，可以将轴向磁化的圆柱体磁体放置在移动组件上，使其随之移动。对于该应用，运动方向将与图 2 中的运动方向相反，因为磁体将接近传感器而不是远离传感器。然后可以使用霍尔开关来检测组件和磁体是否足够靠近霍尔开关。随着磁体越来越接近开关，检测到的磁通密度会不断增加，直到超过磁体限制。该磁体限制由霍尔开关的 B_{OP} 设置。一旦检测到的磁通密度超过 B_{OP} ，霍尔开关的状态就会改变，并且系统会收到这种移动终点位置事件的警报。选择霍尔位置传感器时，应使其 B_{OP} 等于磁体到传感器的距离处于所需距离阈值时产生的磁通密度。图 4 显示了 B_{OP} 与检测到移动终点位置状态情况下的限值阈值之间的关系。

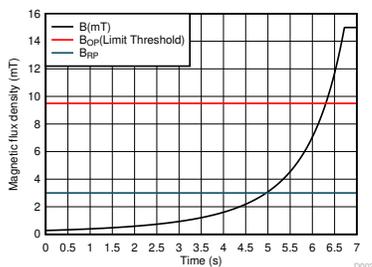


图 4. 用于移动终点位置检测的磁通密度

选择合适的器件进行限制检测

通常根据以下规格选择用于限制检测的霍尔开关：

- **B_{OP} 和 B_{RP}** ： B_{OP} 或 B_{RP} 决定了实现的限制，如前几节所述。这些规格的必要值取决于磁体的强度和尺寸以及磁体与传感器的距离。 B_{OP} 和 B_{RP} 之间更紧密的迟滞能够检测较小距离的开口以进行外壳篡改检测。
- **电流消耗**：如果应用耗尽电池电量，则应更最大限度地降低电流消耗，以更最大限度地延长电池使用寿命。
- **响应时间**：要实现快速响应，需要具有快速采样率。
- **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，则需要一个额外的电压稳压器来生成一个电压轨，以便为霍尔位置传感器供电。
- **开漏与推挽输出**：当需要将逻辑高电平输出电压与霍尔位置传感器的 VCC 电压处于不同的电压电平时，或者当有必要在没有附加电路的情况下实现不同开路输出的逻辑与时，选择开漏输出。与开漏输出相比，推挽输出具有更低的电流消耗，并且不需要上拉电阻。
- **全极与单极**：全极霍尔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。

DRV5032 提供多个版本，因此该器件非常适合限制检测。DRV5032 的各种 B_{OP} 和 B_{RP} 阈值变体为磁通密度限制提供了多种选择。此外，该器件还具有开漏输出、推挽输出、全极和单极器件型号。另外，该器件的平均电流消耗较低，可以采用低电压供电，从而更最大限度地延长为其供电的任何电池的使用寿命。

如果需要在三个方向上进行检测（例如电表磁篡改检测），也可以使用 3D 线性霍尔位置传感器。一些 3D 线性霍尔器件（如 TMAG5170 和 TMAG5273）包括这样一个特性：用户可以针对每个轴配置限制，以便霍尔传感器在检测到的任何轴磁通密度超过其设定的限制时提供中断。

备选器件建议

对于高速移动终点位置应用，需要快速响应，这可通过 DRV5021、DRV5023 或 DRV5033 霍尔开关来实现。TMAG5124 还可用于远程检测移动终点位置事件。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
DRV5021	低压、高带宽单极开关
DRV5023	高压、高带宽单极开关
DRV5033	高压、高带宽全极开关
TMAG5124	双线制（电流输出）高电压开关

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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