

Application Brief

智能手表和其他可穿戴设备中的位置检测



Alicia Rosenberger, , Rishi Ramabadran, Jesse Baker

简介

智能手表要求传感器紧凑、节能并且能够进行精确的无接触测量。**TMAG3001** 是一款低功耗 3 轴霍尔效应传感器，可提供专为可穿戴应用定制的高级功能。本文档讨论了 **TMAG3001** 以及德州仪器 (TI) 的电感式传感器和霍尔效应开关的主要特性如何对应常见的智能手表要求，以及为什么这些特性使 **TMAG3001** 器件成为健身追踪器、医疗追踪器、智能追踪器和智能手表等可穿戴应用的选项。

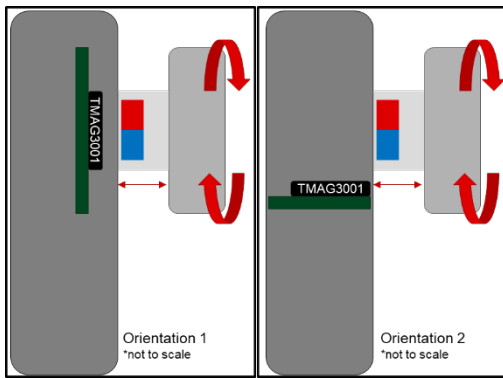


图 1. 数字表冠方向

数字表冠的操作

智能手表中的数字表冠可用作与智能手表交互的旋转按钮。通过旋转数字表冠，用户可以滚动、缩放、调整设置等。一些数字表冠甚至可以充当按钮以实现更多功能。借助线性 3D 霍尔效应传感器，可使用单个传感器来检测数字表冠的旋转和数字表冠的任何按钮按压功能。

TMAG3001 是德州仪器 (TI) 的一款三轴线性霍尔效应传感器，可提供各种功能，使该器件成为数字表冠应用的选项。**TMAG3001** 不仅采用超小型封装，还可在唤醒和睡眠模式下实现低功耗。此外，**TMAG3001** 还提供各种可启用的可编程选项，例如角度计算和各种中断功能。

节省电力和 PCB 空间

就可穿戴应用而言，需要考虑的一个重要因素是电池寿命。通过降低功耗，可以延长这些可穿戴设备的使用时

间，这对于需要长时间保持开启状态的健身、医疗和智能追踪器至关重要。

在唤醒和睡眠模式下，**TMAG3001** 等器件可配置为仅在需要时对磁场进行采样。

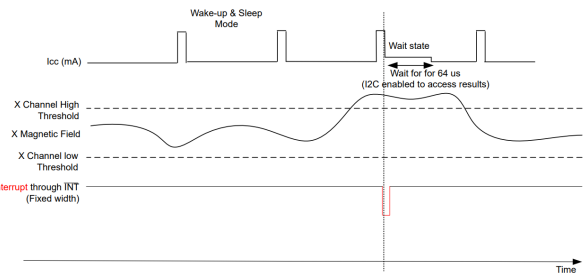


图 2. 唤醒和睡眠采样

如图 2 所示，为了节省功耗，**TMAG3001** 在大部分时间内处于低功耗状态，具体取决于器件的配置。然后，器件根据所选的计时间隔唤醒并进行测量。在这里，根据实现的中断方法，如果满足所选条件（例如超过阈值或结果已准备好供读取），器件可以发出中断信号。

除了保持低功耗之外，另一个关键因素是尺寸，因为智能手表需要尽可能保持外形紧凑。使用 **TMAG3001** 提供的超小型晶圆芯片级封装 (WCSP) 封装，如图 3 所示，用户能够节省 PCB 空间。由于能够减小 PCB 的尺寸，可考虑使用更轻、更紧凑的智能手表设计，在不牺牲功能的情况下提供更舒适的体验。



图 3. **TMAG3001** 封装

可编程性

TMAG3001 的关键特性之一是可编程性。借助该器件，用户可以从多种中断功能中进行选择。

这些中断功能之一包括变化时唤醒 (WOC) 模式。借助 WOC，该器件可配置为监测角度变化或单个磁场轴 (X、Y 或 Z) 的变化。当器件检测到磁场或角度变化时，会触发中断，并将新的测量值用作连续测量的参考。图 4 展示了器件响应，其中 **TMAG3001** 配置为监测 x 轴磁场变化。图 5 展示了器件配置为响应角度测量变化时器件的响应方式。

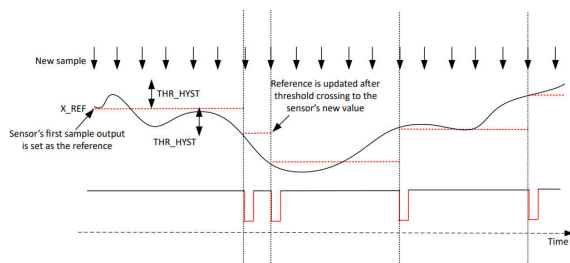


图 4. 磁场 WOC 示例

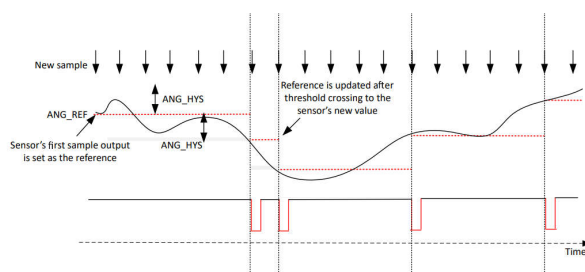


图 5. 角度 WOC 示例

TMAG3001 也可配置为根据设定的阈值发送中断响应。与 WOC 模式不同，如果实现角度、磁性或幅度限值检查，可使用特定阈值来确定何时必须发生中断，而不是监测在检测到变化时更新的基准值。该中断响应看起来可能像一个短暂的脉冲或由 I2C 通信清除的锁存。该器件还提供开关模式功能，可根据设定的阈值将器件的中断引脚配置为导通/关断开关。

可以将中断配置成在转换测量完成且数据准备好读取时发生，而不是在超过阈值时发送中断信号。

电感式按钮按压

在智能手表中位置传感器的第二种用途是检测按钮何时被按下。按钮按压检测可以通过德州仪器 (TI) 的电感式传感器 (如 **LDC2112** 和 **LDC2114**) 完成。通常，使用机械开关可以检测按钮按压操作；但是，在此应用中使用电感式检测时有许多优势。首先，电感式检测是一种非接触式方法，使电感式检测更加可靠，并能够延长产品的使用寿命。由于需要物理接触的机械开关的性质，随着时间的推移，它们会受到机械应力的影响，从

而导致开关性能下降。此外，电感式传感器可用于检测用于按下按钮的力大小，而这是机械开关缺乏的一项特性。使用电感式传感器检测按钮按压操作的另一个好处在于，这些传感器更加耐受灰尘、污垢、水和碎屑等环境因素。这有助于增加这些电感式按钮的使用寿命，而不是像机械开关那样暴露于这些元素，并且机械开关随着时间的推移往往会遭遇腐蚀和磨损。

图 6 突出显示了如何使用电感式传感器检测按钮按下操作。如图 6 所示，电感式传感器用于测量在按下按钮时金属板的偏转。随着金属板的偏转，金属板上会产生涡流，从而增大传感器频率。当该金属板靠近传感器时，传感器频率会继续增大，电感式器件会将该检测频率转换为数字值，供用户查看。此外，**LDC2112** 和 **LDC2114** 等电感式传感器具有数字输出引脚，可以在按下按钮并达到预设阈值时输出中断信号。

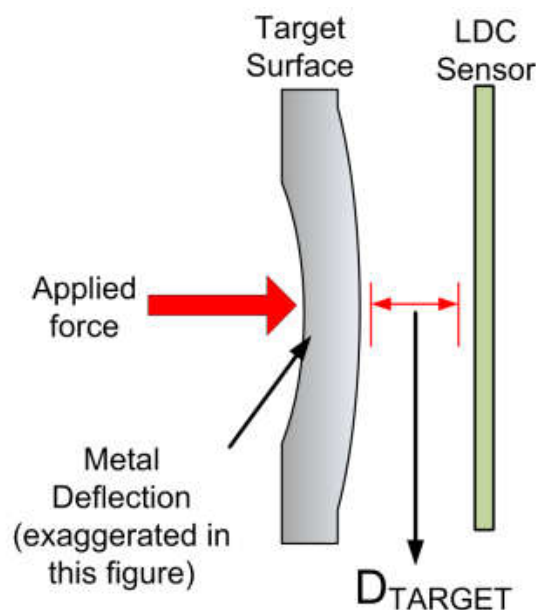


图 6. 电感式触控组件

与其他电感式传感器相比，更建议将 **LDC2112** 和 **LDC2114** 用于触控按钮应用，因为这些传感器采用基线跟踪算法，可以考虑温漂和按钮表面变形，以帮助重新校准偏转的材料并保持其数字阈值一致。此外，**LDC2112** 和 **LDC2114** 的另一个关键特性是其提供尺寸为 1.6mm × 1.6mm 的 WCSP 封装。对于智能手表应用，空间限制是一个重要的考虑因素，因此小型封装选项很有用。

可拆卸屏幕检测

智能手表中位置传感器的另一个应用是能够检测屏幕何时被拆卸。可拆卸屏幕是为儿童设计的手表中的一个功能，许多儿童尤其喜欢从手表中拆下屏幕的功能。通常用于此应用的德州仪器 (TI) 器件是

DRV5032DUDMRR。该器件是一款双单极霍尔效应开关，这意味着该器件具有两个输出引脚，其中一个输出检测来自磁体北极的磁场，另一个输出检测来自磁体南极的磁场。或者，可以将德州仪器 (TI) 产品系列中另一款霍尔效应开关 **TMAG5231** 用于此应用，这是一款具有多种灵敏度和电流消耗选项的超低成本器件，采用小型 X2SON 封装 (1.4mm × 1.1mm)。

结语

随着智能手表变得越来越普遍，尤其是在健身和医疗追踪器中，设计人员不断寻找方法来改进和优化智能手表设计。**TMAG3001** 等低功耗线性 3D 霍尔效应传感器可以提供许多有益功能，同时仍能节省空间。由于能够在检测到磁场变化之前使器件保持低功耗状态，因此能够优化数字表冠的能效以帮助延长电池寿命。此外，**LDC2112** 和 **LDC2114** 等电感式传感器有助于减少按钮按下应用中机械开关造成的损坏。通过实现可拆卸屏幕等独特功能（可通过 **DRV5032** 和 **TMAG5231** 等霍尔效应开关来实现），这些可穿戴设备可扩展到低龄人群，让他们和成人一样喜欢智能手表品。

表 1. 推荐的位置检测器件

	特性	设计注意事项
TMAG3001	具有可配置低功耗模式、WCSP 封装 (0.83mm × 1.32mm)、I2C 接口和可编程开关功能的低功耗、成本优化型 3D 线性霍尔效应传感器。	由于采用 WCSP 封装，非常适合空间受限的应用。内部 CORDIC 算法可让器件计算角度并检测物体的确切位置。可在 3 轴上测量磁场强度。
LDC2112	采用 WCSP 封装 (1.6mm × 1.6mm) 和基线跟踪算法的 2 通道电感式传感器。	由于采用 WCSP 封装，非常适合空间受限的应用。更不易受温度漂移和按钮表面变形的影响。
LDC2114	采用 WCSP 封装 (1.6mm × 1.6mm) 和基线跟踪算法的 4 通道电感式传感器。	由于采用 WCSP 封装，非常适合空间受限的应用。更不易受温度漂移和按钮表面变形的影响。由于通道增加，因此能够实现更多按钮。
DRV5032	具有双单极磁响应型号的低功耗霍尔效应开关。具有 SOT-23、TO-92 和 X2SON 封装选项。	借助双单极磁响应 (DU、DG 和 FD 型号)，器件能够检测磁场来自哪个磁极。
TMAG5231	采用 SOT-23 和 X2SON 封装的成本优化型霍尔效应开关。	适合消费类应用的通用霍尔效应开关。

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	使用 3D 霍尔效应传感器监控绝对角度位置的指南
使用霍尔效应传感器的低功耗设计	介绍如何使用德州仪器 (TI) 霍尔效应传感器优化功耗
用于可穿戴设备的电感式触控按钮	介绍将电感式触控按钮用于可穿戴设备的益处
TMAG3001EVM	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

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司