

# Application Brief

## 用于制动系统开发的位置传感器



Satyajeetsinh Jadeja

现代汽车制动系统已显著超越传统液压设计，经历重大演变。在早期系统中，制动主要由驾驶员通过制动踏板控制，制动液将作用力传递到制动卡钳。

相比之下，现代车辆将多个控制输入集成到一体化制动架构中。这些输入包括制动踏板、防抱死制动系统 (ABS)、自适应巡航控制 (ACC)、电子稳定控制 (ESC) 以及电子驻车制动 (EPB)。所有这些系统都与一个集中式制动控制模块交互，从而在各种驾驶条件下实现协调且优化的制动性能。

此外，新兴的线控制动技术正以全电子控制系统取代传统的液压执行机构。这些系统不再需要制动液，而是使用电子信号和执行器来施加制动力。这一转变增强了系统响应能力，实现了高级驾驶辅助功能，并支持更高级别的车辆自动化。

### 简介

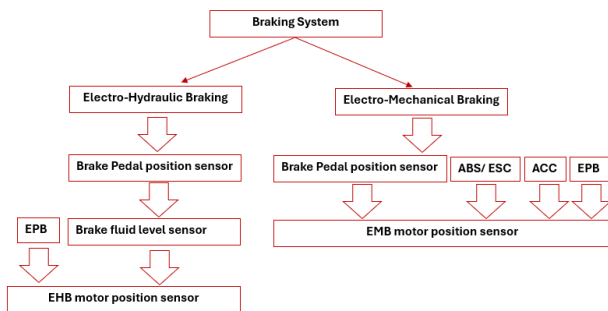


图 1. 制动系统

### 踏板唤醒

现代汽车制动架构采用智能电源管理策略，其中主制动力子系统（一个高电流、高功率域）在车辆待机期间保持深度断电状态。为防止主电源轨上的电池寄生消耗，唤醒触发机制被隔离在一个独立的、小容量的电池组上，在专用的低电压、超低功耗域下运行。为了符合功能安全 (FuSa) 要求（根据 ISO26262），该唤醒路径必须作为一个独立的、容错通道运行，与主系统解耦，以确保即使在主系统故障条件下也能可靠地检测制动踏板。TMAG5131-Q1 正是为此类应用而精确设计的，是一

款汽车级低功耗（10 Hz，1 μA）、低电压（低至 1.65 V）霍尔效应开关

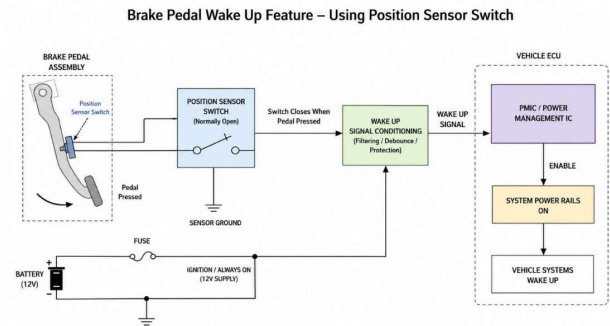


图 2. 踏板唤醒

### 制动踏板定位

采用电感技术的制动踏板位置感应因其对杂散磁场具有固有的抗扰性以及无磁体设计，在现代车辆中得到广泛应用。在这种方法中，一个电感线圈集成到固定模块中，而一个金属目标则附在活动的制动踏板机构上。当踩下制动踏板时，目标物相对于固定的电感线圈移动，导致电感量发生变化。这种变化由 LDC5071-Q1 和 LDC5072-Q1 等器件精确测量，这些器件将电感变化转换为精确的位置数据。然后，系统向车辆控制单元提供可靠且高分辨率的制动踏板位置反馈。

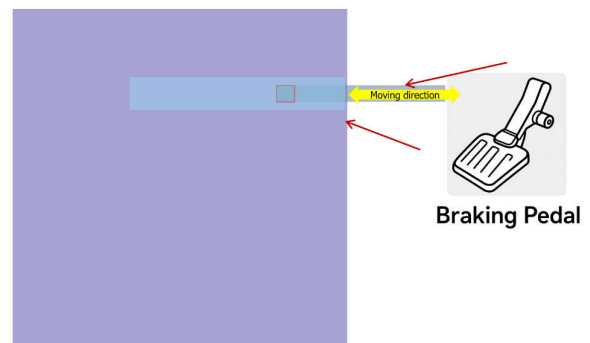


图 3. 制动踏板系统

## 制动场级传感器

设计制动液位传感器有多种方法，但主要功能都是检测液位何时过低，并通过仪表盘向驾驶员发送警告信号。

在制动液位检测中，磁性感应的关键优势是它能够实现浮子位置的远程感应，无需将 PCB 暴露在制动液的严酷腐蚀性环境中。然而，需要注意的是，磁体本身必须妥善封装，以防止其劣化以及对制动液造成潜在污染。

一种广泛采用的实现方式是浮子法，即将一个磁体安装在随液位上下浮动的浮子上。当浮子随液位下降而下移时，位置靠近的霍尔效应传感器会检测到磁体的存在。TI 的 TMAG5131-Q1 因其低功耗工作模式而特别适合此应用，成为高效可靠的选择。除了该器件，TI 还提供广泛的霍尔效应开关设计产品组合，以满足各种设计需求和规格。（霍尔效应锁存器和开关 | TI.com）

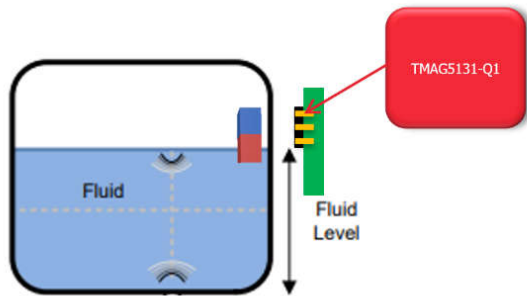


图 4. 制动液位霍尔传感器

另一种方法是使用超声波传感器的高精度方式。在此设计中，一个换能器向液面发射一系列脉冲，然后检测反射回来的信号。脉冲传播到液面并返回所需的时间，即飞行时间 (TOF)，被用来精确测定液位。TDC1011-Q1 便是为此应用专门设计的。（使用霍尔传感器进行液位检测/面向液位检测、流量检测和流体识别应用的超声波传感基础（修订版 A））

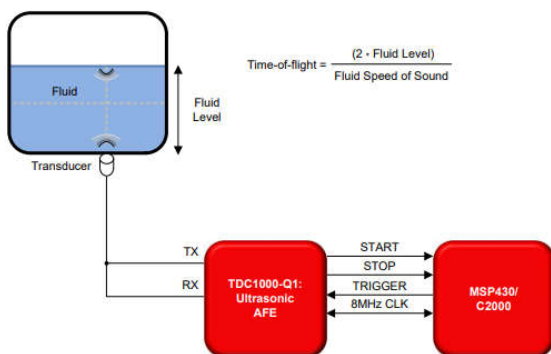


图 5. 制动液位超声波传感器

## EHB/EHB 电机定位

在电子液压制动中，一旦制动踏板输入被处理，电动机就会驱动液压泵或致动压力阀以产生所需的制动力，然后通过液压系统施加制动力。相比之下，电子机械制动则完全取消了液压系统，由电动机直接控制执行器在车轮处施加制动力。

对于此类应用，我们提供先进的感应设计方案，例如基于 AMR 的高速角度传感器 TMAG6180-Q1，非常适用于精确的位置和运动检测。此外，我们的电感式设计 LDC5072-Q1 提供了一种无磁体且抗杂散场的替代选择，可在严苛环境中实现稳健可靠的性能。

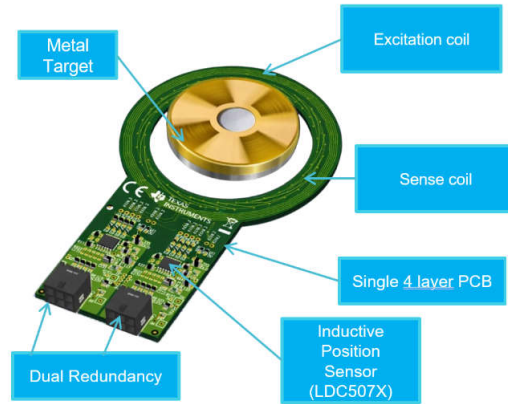


图 6. EHB/EMB 电感式电机定位

## 电子驻车制动器

这是一种人机界面控制，绕过制动踏板，直接激活制动执行器以在车轮处施加压力。

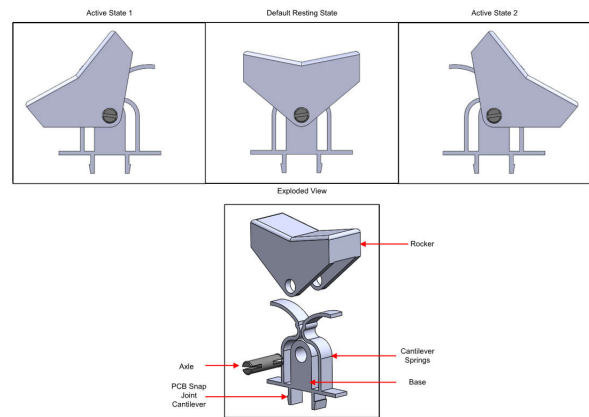


图 7. HMI 驻车制动

电子驻车制动 (EPB) 系统可以使用多种技术来实现，包括电容式触控按钮 (FDC1004-Q1)、电感式触控设计 (LDC3114-Q1) 以及基于霍尔效应的翘板开关 (使用 TMAG5170-Q1 或 TMAG5173-Q1 等器件)。具有霍尔效应开关的 HMI 翘板开关

表 1. 推荐器件

功能	推荐器件
踏板唤醒	TMAG5131-Q1 : - 汽车类低功耗 ( 10Hz , 1 $\mu$ A ) 低电压 ( 低至 1.65V ) 霍尔效应开关
制动踏板定位	LDC5072-Q1 : - 具有正弦/余弦接口的汽车电感式位置传感器前端
制动液位传感器	TMAG5131-Q1 : - 汽车级低功耗 ( 10Hz , 1 $\mu$ A ) 、低电压 ( 低至 1.65V ) 霍尔效应开关 TDC1011-Q1 用于液位和 ID 感应的汽车级超声波感应模拟前端 (AFE) PGA460-Q1 : - 汽车级超声波信号处理器和换能器驱动器
EHB/EMB 电机定位	LDC5072-Q1 : - 具有正弦/余弦接口的汽车电感式位置传感器前端 TMAG61-Q1 : 具有 360° 角度范围的汽车类高精度模拟 AMR 角度传感器
电子驻车制动器	TMAG5131-Q1 : - 汽车级低功耗 ( 10Hz , 1 $\mu$ A ) 、低电压 ( 低至 1.65V ) 霍尔效应开关 FDC1004-Q1 : - 具有用于 EMC 的有源屏蔽驱动器的汽车级 4 通道 16 位电容数字转换器 LDC3114-Q1 : - 用于低功耗接近感应和触摸按键感应的汽车级 4 通道电感数字转换器 TMAG5173-Q1 : - 具有 I <sup>2</sup> C 接口的汽车级高精度线性 3D 霍尔效应传感器 TMAG5170-Q1 : - 具有串行外设接口的汽车级高精度线性 3D 霍尔效应传感器

## 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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月