

具有 PWM 抑制功能的高侧驱动、高侧螺线管监视器

Arjun Prakash, 电流感测产品



螺线管是一种机电类器件，由绕组绕可移动铁芯材料（也称电枢或柱塞）制成。电流流经线圈时会形成磁场，促使电枢在固定范围内运行。图 1 所示为一种机电螺线管。螺线管通常设计用于简易开关应用，例如仅需两种运行状态的继电器。这些螺线管也可设计用于电流与电枢位置成正比的线性操作。线性螺线管适用于压力、流体或空气得到精确调节的多种应用。在汽车应用中，线性螺线管用于喷油器、传动系统、液压悬架，同时适用于触觉效应。线性螺线管常用于需要精准控制气流的重要医疗应用以及重定向和控制流体流量的工业应用。

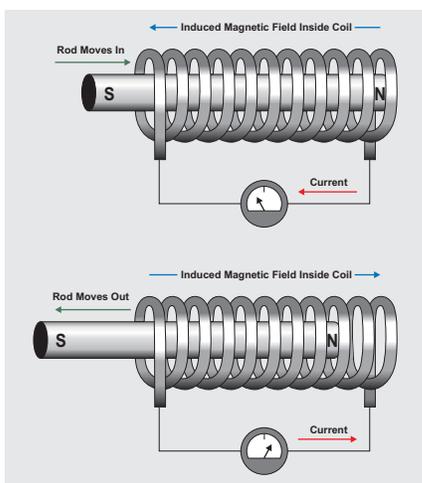


图 1. 机电螺线管结构

螺线管具有多种连接和驱动配置。一种常见螺线管驱动方法是采用高侧驱动器配置。在该配置中，电流感测放大器连接高侧开关与螺线管，如图 2 所示。该配置的一项优势是当高侧开关断开时，螺线管与电池电压实现隔离。避免螺线管与电池电压持续相连可减缓螺线管性能下降并防止过早出现生命周期故障。

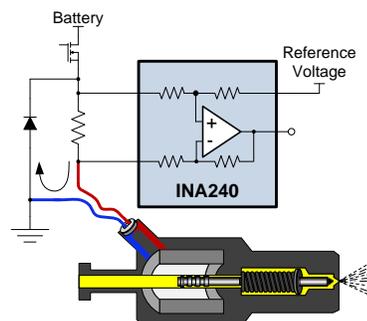


图 2. 具有高侧电流感测功能的高侧驱动

图 2 所示的电流感测放大器必须能够抑制高共模 dv/dt 信号并支持低于接地电压的共模电压。在上述配置中，当高侧开关闭合时，螺线管通过电池产生的电流进行充电。高侧开关的占空比决定了流经螺线管的电流，从而控制柱塞的行程范围。当高侧开关断开后，电流流经反激二极管，强制共模电压将一个二极管的电压降至接地电压以下。

螺线管和阀门自身感性极强。螺线管的有效阻抗可简化为电阻和电感。线圈采用铜制结构 ($4000\text{ppm}/^\circ\text{C}$)，其有效阻抗根据螺线管类型有所不同，应用于触控应用以及线性或定位阀门系统的螺线管阻抗分别为 1Ω 和 10Ω 。所有螺线管的电感均介于 1mH 至 10mH 之间。图 3 所示为处于开环模式的螺线管驱动器在 25°C 和 125°C 下的电流曲线示例。当环境温度上升 100°C 但无铜电阻补偿时，柱塞行程距离的精度约为 40% 。螺线管电流直接控制柱塞的行程距离。如果环境温度发生变化，柱塞的行程距离随之改变，这将影响压力、流体或空气调节等输出控制。

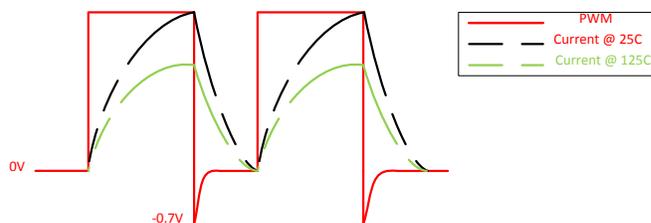


图 3. 整个温度范围内的螺线管电流曲线

测量螺线管和阀门应用中的电流能够检测螺线管运行特性发生的变化。电流测量可确定老化螺线管中磁场衰减的影响，从而检测故障组件以防失效。在开环螺线管控制系统中，有效阻抗的变化在铜绕组温度上升 100°C 时发生 40% 的漂移。电流控制反馈回路中的电流测量使用 INA240 电流检测放大器，可将螺线管在温度范围内的阻抗变化由 40% 降至 0.2%。

INA240 是一款高侧双向电流感测放大器，可支持 -4V 至 +80V 高共模电压范围。INA240 设计应用于高 dv/dt 瞬变需要抑制的 PWM 应用。INA240 采用 dv/dt 信号抑制电路。该功能可缩短消隐时间，在低占空比条件下支持精确 PWM 电流测量。该器件的低偏移电压、漂移、增益和 400kHz 高带宽有助于针对 PWM 应用进行精确内联电流测量。对于需要精准控制流体、空气和压力的阀门应用，使用 INA240 可确保电流测量精度和温度稳定性。

备选器件建议

如果所需负共模电压较低，此类系统也可使用 LMP8601 器件。-22V 输入范围能够在螺线管跳变电压较高时提供充足裕量。LMP8601 的一项缺点是 PWM 毛刺脉冲抑制及其针对高 dv/dt 信号快速稳定的响应。

LMP8640HV 是电流感测放大器的另一种典型示例，能够满足此类高侧驱动配置的要求。对于需要高信号带宽及低输入偏移电压低漂移的应用，可使用 LMP8640HV。

LMP8278Q 同样是一款适用于 PWM 应用的器件。LMP8278 通过 AEC-Q100 认证，可在 -40°C 至 +125°C 的完整环境温度范围内额定运行。LMP8278 的 V_{cm} 范围为 -2V 至 +40V，如果底盘内需要精准控制螺线管，该器件可用于动力传动应用。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
LMP8601	V_{cm} 范围: -22V 至 +60V	带宽, 精度
LMP8640HV	带宽: 950kHz	转换率, 阶跃响应稳定时间较长
LMP8278Q	V_{cm} 范围: -2V 至 +40V, CMRR	转换率

表 2. 相关 TI 技术报告

SBOA160	《具有增强型 PWM 抑制功能的低漂移、精密直列式电机电流测量》
SBOA161	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA163	《高侧电流过流保护监测》
SBOA162	《测量电流以检测超限条件》

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司