

H 桥中的电流感应

Arjun Prakash, 电流感应产品



半导体行业一直在寻求改进，希望通过开创出更好的技术来支持功率效率更高的系统。H 桥电路便是其中的一项成果。如图 1 中所示，H 桥是包含 4 个连接在负载之间的 FET 晶体管的简单电路。当需要控制和管理从电源到负载的电流方向时，经常会使用 H 桥。如果负载的电感较高，也可以通过控制 H 桥来安全地释放存储在负载中的能量。H 桥电路通常用于电机控制、直流/直流转换器、音频子系统和 LED 照明控制。包含硅 FET 晶体管的 H 桥通常可实现 95% 以上的效率，而 GaN FET 晶体管可实现 99% 以上的效率。将更高效率的 H 桥与电流感应放大器相结合，以监视、管理和控制负载电流，从而能够提高安全性并全面提高终端设备的效率。

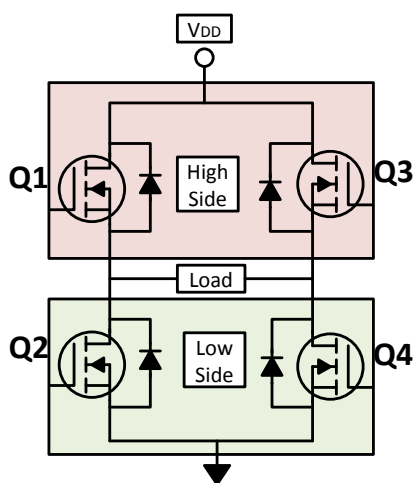


图 1. H 桥电路

全 H 桥电路配置和控制

我们可以通过打开和关闭 FET 来控制 H 桥。脉宽调制方案 (PWM) 是用于创建不同波形以控制电流的流动的有效方法。通过控制 PWM 波形的占空比，可以有效地控制流入负载的电流。图 2 展示了具有不同占空比的 PWM 波形。通过调节 PWM 发生器的占空比，可以精确地控制流入负载的输出电流。

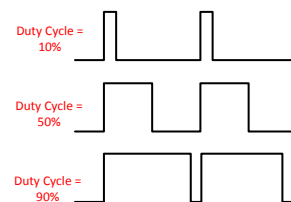


图 2. H 桥的脉宽调制方案

在使用 PWM 波形控制 H 桥时，必须进行仔细考虑，以确保电池与接地之间不会发生直接短路。例如，在图 1 中，绝不能同时打开 Q1 和 Q2。这种情况会造成高电流击穿，从而可能损坏相应的电子驱动电路。表 1 介绍了全 H 桥控制的可能状态。

表 1. H 桥的运行状态

Q1	Q2	Q3	Q4	负载状态
打开	关闭	关闭	打开	电流从 H 桥流向负载
关闭	打开	打开	关闭	流入负载的电流方向相反
关闭	打开	关闭	打开	为负载提供对地放电的安全路径
打开	关闭	打开	关闭	再循环电流存储在负载中
关闭	打开	关闭	打开	再循环电流存储在负载中
打开	打开	关闭	关闭	电池到接地之间发生短路
关闭	关闭	打开	打开	电池到接地之间发生短路
打开	打开	打开	打开	电池到接地之间发生短路

用于电机控制的 H 桥中的电流管理

全 H 桥电机控制中的双向电流感应对于安全、监控和反馈控制而言至关重要。H 桥中的精确电流测量可以精确地控制电机的扭矩或精确地在步进电机中设置位置。

图 3 描述了 H 桥中常用的电流测量位置：高侧、串联和低侧。由于电机的电感较高，因此 PWM 输出容易在从低到高的变换期间发生过冲，在从高到低的变换期间发生下冲。在选择放大器时，一定要注意它的过冲和下冲特性。可以承受过冲和下冲的电流感应放大器将能够满足电感系统的严苛要求，并且可提供有价值的电流信息，用以检测出可能导致早期故障的电机异常。表 2 描述了在 H 桥中的多个位置测量电流的优点和缺点。

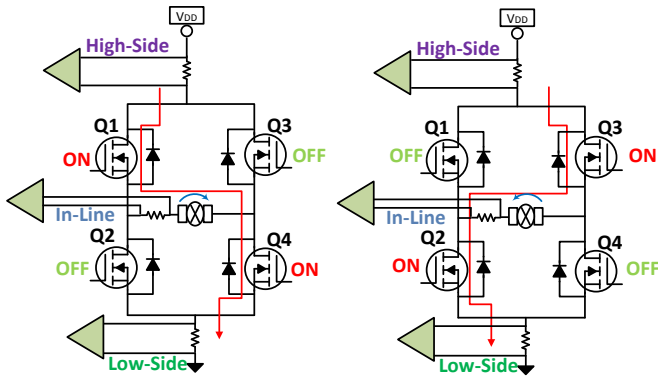


图 3. H 桥控制中的电流感应位置

表 2. H 桥中的电流感应

电流测量	优点	缺点
高侧	检测与电池发生短路的负载以进行诊断	高电压共模放大器
串联	直接测量电机电流、低带宽放大器	高 dv/dt 信号。PWM 趋稳时间
低侧	低成本、低共模电压	无法检测短路负载。

INA240 电流感应放大器可以通过 -4V 至 80V 的共模电压运行。在 H 桥应用中，无论测量位置是高侧、串联还是低侧，都可以使用 INA240。低偏移 (25 μ V) 和低电压偏移漂移 (0.25 μ V/ $^{\circ}$ C) 以及低增益误差 (0.2%) 和增益漂移 (2.5ppm/ $^{\circ}$ C) 使其适用于精确测量，无论系统温度如何都是如此。除了高性能直流规格之外，INA240 还能

够运行并抑制 dv/dt 瞬态，从而支持在串联测量位置进行实时负载电流测量。串联感应的系统级优势可降低闭环控制系统的处理能力要求，从而实现更高的效率。针对低侧电流感应需求，重要的电流感应放大器规格之一是要支持负共模电压。INA240 可以支持 -4V 的共模电压。低侧感应与高侧和串联电流感应相比提供的优点很少，因此它是用于监视基本电流功能的最具有成本效益的位置。

备选器件建议

LMP8640HV 和 LMP8278 也是专为需要快速输出响应的应用而设计的电流感应放大器，用于在高测量精度不是很重要时直接在 PWM 输入上测量电流。

LMP8601 可用于汽车动力系统共模电压可能摆动到接地以下的应用。LMP8601 可以测量低至 -22V 的共模电压下的电流。

表 3. 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 4. 相关 TI 技术手册

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控》
SBOA166	《具有 PWM 抑制功能的高侧驱动、高侧螺线管监视器》

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，该等产权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认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，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>)、评估模块和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.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