

PWM 中用于电流感应的低电感分流器的优点 应用

Arjun Prakash, 电流感应产品



脉宽调制 (PWM) 系统中的电流感应由于共模电压的变化较大而面临挑战。在 PWM 系统中, 对于直列式电流感应来说, 电流感应放大器应该能够抑制高 dv/dt 共模信号, 并精确测量分流器中会产生负载 di/dt 信息的压降, 这些主要属于电感。

INA240 电流感应放大器专门用于 PWM 应用, 可以抑制较高的 dv/dt 信号并精确测量 dv/dt 信息。快速 PWM 抑制功能有助于 dv/dt 信号的快速建立, 因此放大器可精确跟踪 di/dt 信息。INA240 可在 PWM 开关信号中提供非常精确的快速实时电流。在 PWM 系统中实现高精度的关键在于, 组合使用 INA240 与非常精确的高精度、低电阻、低温漂和低电感分流器。INA240 会放大分流器中的信号并产生输出。由于 PWM 开关信号带有尖锐边缘, 分流器引入的串联寄生电容或电感直接在 INA240 的输入端显示, 并在输出端放大。这是电流精度降低的常见示例之一。

PWM 应用中实现精确电流感应的关键系统要求之一是低电感分流器。分流电阻器由金属、陶瓷化合物和碳材料制成。陶瓷和碳组件为放大器的有效分流增加了更多寄生电感。分流器制造商确实生产低电感分流器, 应该使用它们来实现准确的 PWM 电流测量。对于直流电流的测量来说, 电感的寄生效应可以忽略, 因为在直流电流中, 电感充当短路且相当于寄生电阻器。与分流器的值相比, 电感器的有效寄生电阻不重要。通常情况下, 如果 PWM 信号小于 1KHz, 则可忽略分流器的寄生电感。

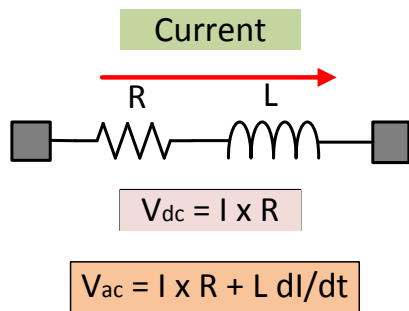


图 1. 分流电阻器的有效阻抗

图 1 展示了分流电阻器的有效阻抗。对于直流电流的测量, 分流电阻器中的电压是 $V = I \times R$ 。对于交流和 PWM 电流, 分流电阻器中的电压是 $V = I \times R + L \times di/dt$ 。分流器的电感提高了, 分流器中产生的误差电压也随之提高, 并且随着 PWM 频率的提高, 电压误差也进一步提高。为精确测量 PWM 电流, 需要使用配备低电感分流电阻器的系统。在确定分流器时, 可以参考数据表, 其中包含电感规格。分流器制造商生产的普通低电感分流器的范围介于 3nH 到 5nH 之间。分流器制造商使用低电感陶瓷和碳材料来实现如此低的电感。少数制造商会使用经过修整的具有低温漂移的特殊金属合金来制造分流器。这些分流器体积偏大, 经常用于需要 500A 或更多电流的应用。

直流/直流转换器中的电流感应

图 2 展示了用于直流/直流转换器的直列式电流感应的示例。PWM 开关频率处于 100KHz 到 1Mhz 的范围内。在如此高的频率下, 与电路板布局相关的寄生效应以及所选的分流器类型在提高精度方面起着至关重要的作用。与 PWM 节点分流器串联的其他大电感会产生干扰和过冲。这些干扰和过冲将进入电流感应放大器的输入中。带增益的电流感应放大器将会放大过冲并破坏信号完整性。要最大限度地减少对电流感应放大器的输入干扰, 一种方法就是增加额外的输入滤波器, 但此类措施会降低带宽, 并因此降低关键警报技术的响应时间。

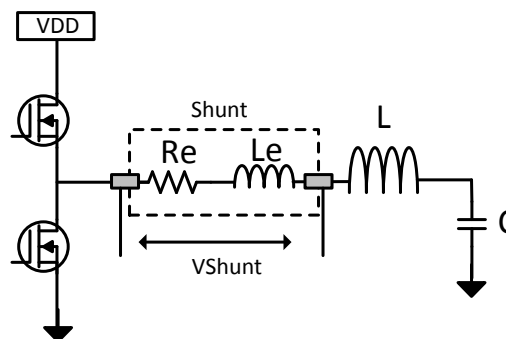


图 2. 直流/直流转换器中的电流感应

图 3 描述了直流/直流转换器系统中的波形。波形包括到分流器的 PWM 输入以及带寄生电感的分流器中产生的各种电压误差。理想情况下，如果分流器没有寄生电感，则分流器中产生的电压将与输出负载电流成比例。由于分流器具有有限的寄生电感，分流器中产生的总误差将是负载电流和寄生电感中产生的电流 (I_e) 的总和。通过降低分流器中的电感，可以最大限度地减少电流测量中的误差。

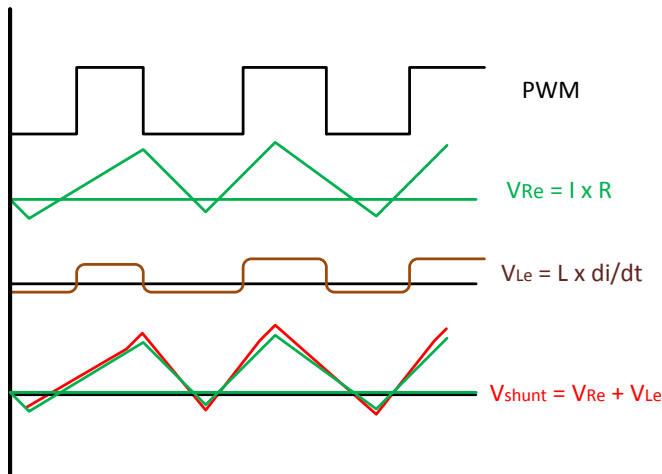


图 3. 直流/直流转换器中的输出波形

在电机控制应用中，随着电机绕组由于连续使用而老化，电机的效率也降低。这通常预示着电机会发生早期故障。低电感电流分流器的其中一个优势是电机控制，即识别和检测绕组到绕组的短路。电机中的有效电感是由铜线在铁芯上多次缠绕而成的。如果绕组之间存在短路，那么检测电机电感的变化有助于识别电机故障，并可预防成本高昂的系统停机和永久性电机损坏。与 PWM 串联的低电感分流器有利于检测电感的微小变化。

INA240 是高精度、双向电流感应放大器，在工作温度范围内具备较低的输入失调和增益漂移，这使得该器件非常适用于测量 PWM 应用中的电流。INA240 专用于开关节点环境，这种环境中的共模瞬变具有较大的 dv/dt 信号。由于能够抑制较高的 dv/dt 信号，因此可对电流进行精确测量。电流感应的真正性能优势可以通过组合使用低电感分流器实现。INA240 的最大输入失调电压较低，为 $25\mu V$ ，最大增益误差为 0.2%，可在不影响测量精度的情况下使用较小的分流电阻值。温漂和增益误差分别低至 $0.25\mu V/^\circ C$ 和 $2.5ppm/^\circ C$ ，可确保在不同温度下均能精确、稳定的测量电流。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA168	带宽: 800kHz, 封装: SOT-23	可调增益, 外部组件
LMP8601	V_{CM} -22V 至 60V	偏移电压: 1mV, 带宽: 60kHz
INA282	直流 CMRR: 140dB	带宽: 10kHz

表 2. 相关 TI 技术手册

SBOA174	《H 桥中的电流感应》
SBOA176	《开关电源电流测量》
SBOA166	《具有 PWM 抑制功能的高侧驱动、高侧螺线管监视器》
SBOA162	《测量电流以检测超出范围的情况》

电机控制中的低电感分流器

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](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)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