

Application Brief

降压转换器电容器集成可减少满足 CISPR 25 5 类标准所需的工作量



引言

图腾柱、功率和场效应晶体管 (FET) 上的降压转换器脉冲, 用于生成脉宽调制 (PWM) 信号 (图 1-1)。PWM 信号经过滤波后产生输出电压 (V_{OUT})。输入电容 (C_{IN}) 支持高侧 FET 导通时间 D 期间所需的交流电流。这些交流波形为通过噪声合规标准 (例如 CISPR 25 5 类) 造成了障碍。

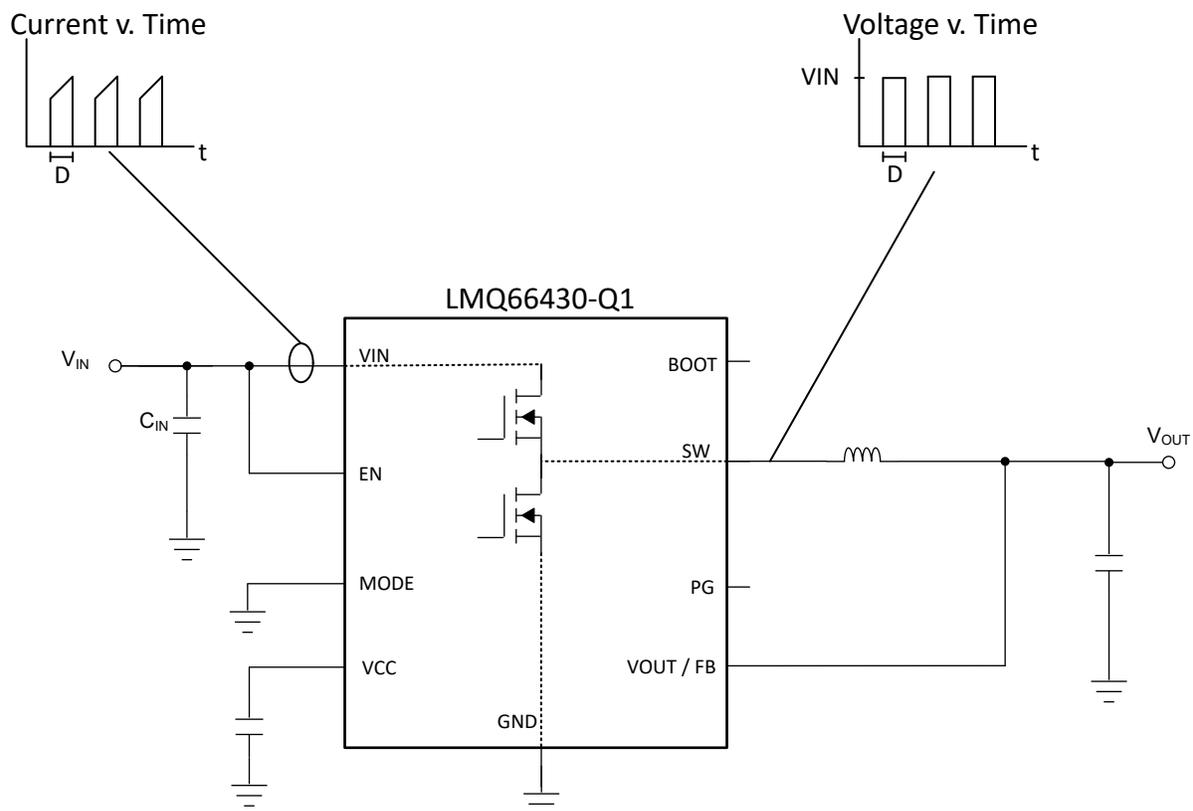


图 1. 降压转换器原理图和波形

降压转换噪声问题

在高环境温度条件下以低功耗实现降压转换器运行。快速开关可将 FET 功耗降至最低。由于快速开关, 输入电流具有高能量谐波。因此, 当需要满足更严格的噪声标准时, 2.2MHz 运行往往具有挑战性。

FET 快速导通和关断会导致开关波形中出现电感振铃 (图 1-2)。根据转换器数据表, 输入电容器必须靠近 V_{IN} 和 GND 引脚。这可确保输入环路电感足够低, 以减少电感振铃振幅。

图 1-2 展示了开关节点振铃。与叠加的紫色迹线相比, 参考迹线 (灰色) 对应的输入电容器距离器件的 V_{IN} 引脚更近, 两者相差 70mil。这导致振铃振幅增加约 3Vp-p, 进而影响通常包括该频率范围的辐射噪声。

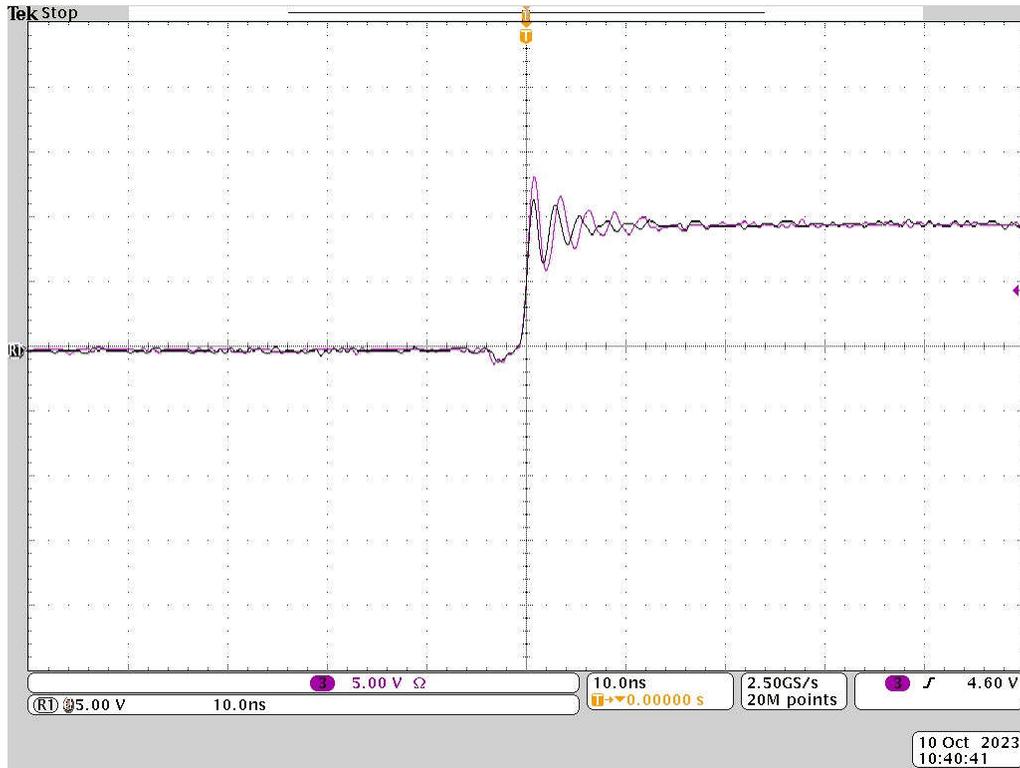


图 2. 不同电容器放置情况下的开关节点振铃

电容器集成可降低噪声

LMQ66430-Q1 进一步降低了噪声。该器件直接在完全封装的器件引线框上实现集成的 (V_{IN}) 电容器。这减少了输入环路电感和面积。环路电感和面积减小会影响磁耦合宽带 (谐波) 噪声。由于它们成正比, 因此噪声生成减少。LMR66430-Q1 是 LMQ66430-Q1 的非集成电容器版本。图 1-3 突出显示了在 30MHz 至 108MHz 的范围内进行扫描时传导噪声的差异。此外, 图 1-4、图 1-5 和图 1-6 展示了辐射噪声的差异。这些扫描均以相同的电源条件和设置在相同的 PCB 上进行。

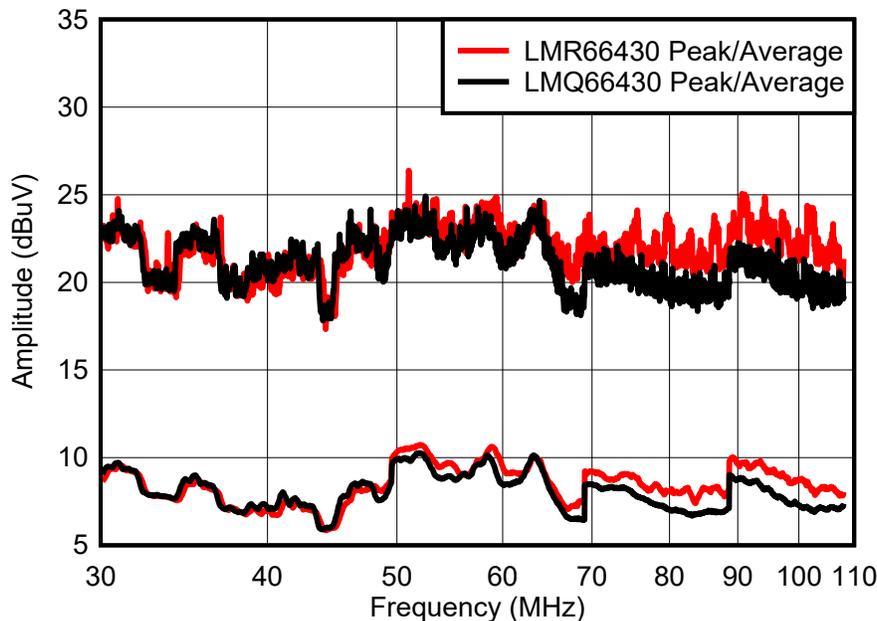


图 3. CISPR 25 5 类传导噪声扫描 (30MHz 至 108MHz)

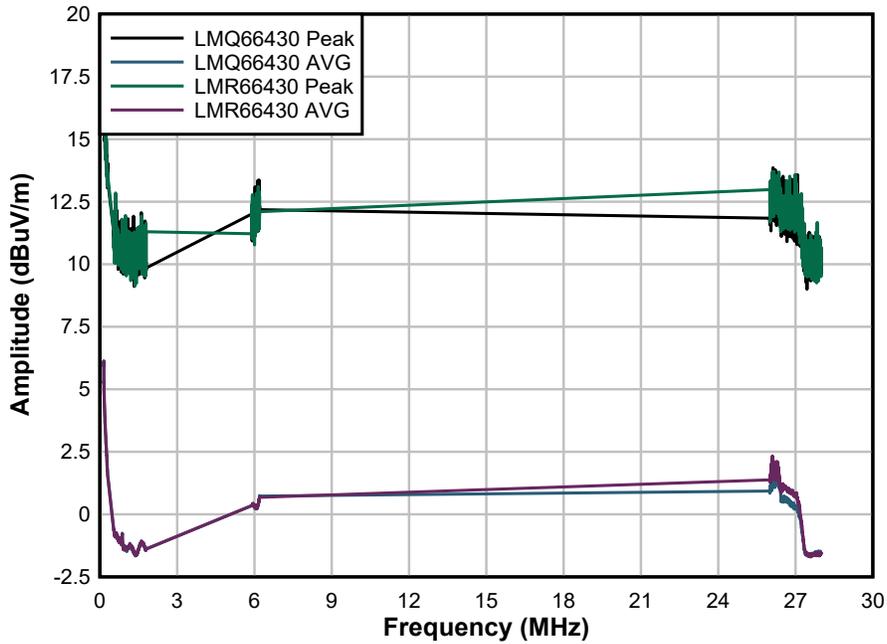


图 4. CISPR 25 5类辐射噪声扫描 (杆状天线 : 150kHz 至 28MHz)

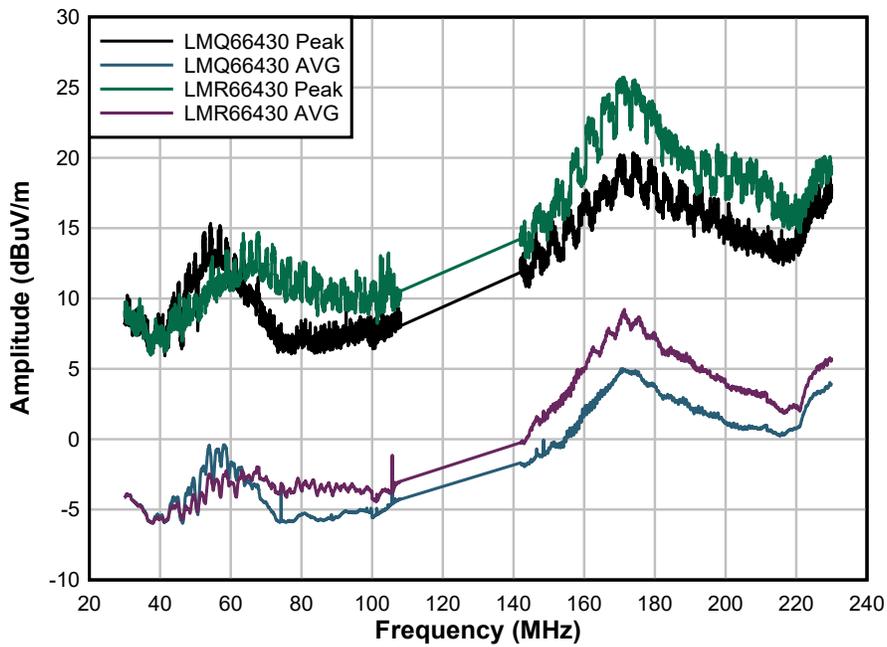


图 5. CISPR 25 5类辐射噪声扫描 (双锥天线 : 30MHz 至 230MHz)

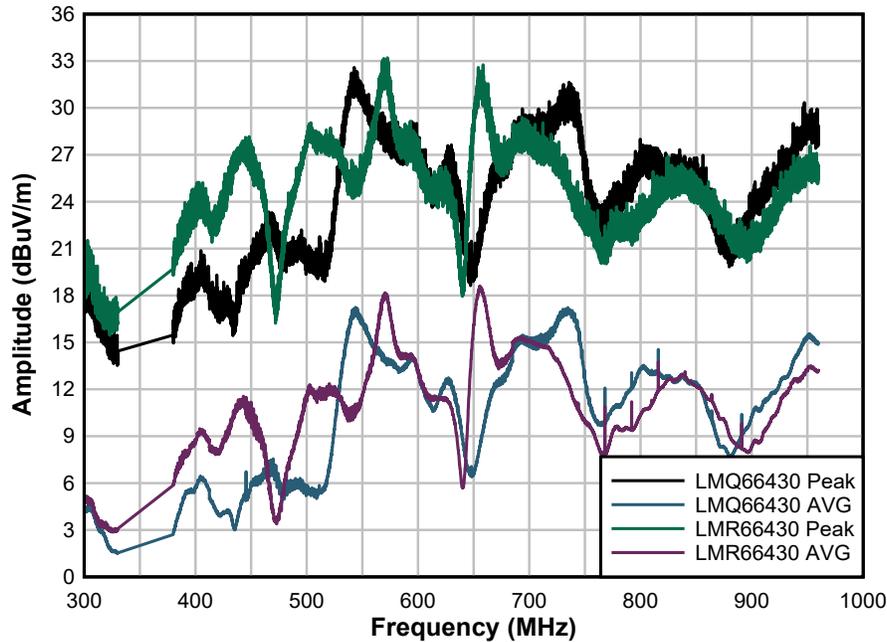


图 6. CISPR 25 5 类辐射噪声扫描 (对数周期天线 : 300MHz 至 960MHz)

可提高汽车类应用可靠性的输入电容器设计

输入电容器通常是多层陶瓷片式电容器 (MLCC)。随着时间的推移, 这些电容器可能会因冲击 (即振动、温度或机械冲击) 而发生故障。标准 MLCC 往往会发生短路故障, 从而可能导致系统过热。

LMQ66430-Q1 集成了 MLCC 输入电容器, 这会给设计人员带来相同的问题。该器件采用 0201、AEC-Q200 集成电容器。引脚 3 和引脚 6 之间串联放置两个 V_{IN} 电容器 (图 1-7)。两个电容器串联可以降低发生接地短路故障的风险, 因为那需要两个电容器同时发生故障。此外, 将电容器排列成 L 形可以降低整体应力。由于施加到相同轴上时应力最大, 因此这样可以在器件的整个使用寿命内减少应力。最后, 集成式 0201 电容器是软端接型电容器。软端接型 MLCC 不易破裂。LMQ64430-Q1 电容器集成技术带来了相当不错的温度循环报告, 如表 1 所示。

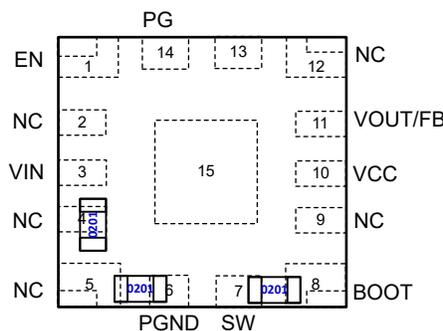


图 7. LMQ66430-Q1 电容器集成

表 1. LMQ66430-Q1 温度循环结果

LMQ66430-Q1 温度循环结果	
测试标准	IPC-9701
通过循环次数	> 6080 (未出现故障, 进行中)

结语

在汽车应用设计中, 噪声要求变得越来越重要。电容器集成技术通过减少环路电感和面积来降低噪声, 对实现低噪声非常重要。这为达到 CISPR 25 5 类标准提供了简单的布局和设计。汽车安全也是设计人员关注的一个问题。

输入电容器导致电池端子短接在一起可能会导致过热情况。设计人员正在考虑电容器的选择、放置和串联使用，以降低出现过热情况的概率。对于低噪声安全关键型设计，可以考虑使用 LMQ66430-Q1 或 LMR66430-Q1，因为这些器件旨在帮助设计人员更轻松满足这些典型的汽车降压要求。

参考文献

1. 德州仪器 (TI), [LMQ664x0-Q1 具有集成 VIN 旁路和 CBOOT 电容器的 36V、1A/2A/3A 超小型同步汽车降压转换器数据表](#)
2. 德州仪器 (TI), [LMR664x0-Q1 36V、1A/2A/3A 超小型同步汽车类降压转换器数据表](#)
3. 德州仪器 (TI), [LMQ66430-Q1 降压控制器评估模块用户指南](#)
4. 德州仪器 (TI), [LMR66430-Q1 评估模块用户指南](#)
5. 德州仪器 (TI), [通过更大程度降低电感寄生来降低降压转换器 EMI 和电压应力 模拟应用期刊](#)

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司