

业界首款双通道70 A SilentMOS和单通道 140 A智能功率级

Yingyi Yan, IC设计工程师;
Eugene Cheung, IC设计工程师;
Eric Gu, IC设计工程师;
Tuan Nguyen, IC设计工程师

LTC7050 SilentMOS系列简介

本文介绍ADI公司的LTC7050 SilentMOS™系列。这种新型大电流负载点转换器满足了系统设计对高效率、高密度、可靠功率级日益增长的需求。

为什么ADI公司的LTC7050 SilentMOS系列是出色选择

LTC7050可以配置为对两个独立的电源轨供电，每个电源轨有单独的开/关控制、故障报告和电流检测输出；或者，该器件也可以配置为一个双相单输出转换器。LTC7051单通道140 A功率级利用了LTC7050内核设计，通过单个电感提供更高的功率密度。

LTC7050双通道单片式功率驱动器在电气和热优化封装中完全集成了高速驱动器和低电阻半桥电源开关，以及全面的监控和保护电路。借助合适的高频控制器，该功率驱动器可形成具有先进的效率和瞬态响应的紧凑型大电流稳压器系统。Silent Switcher® 2架构和集成自举电源支持高速切换，通过衰减输入电源或开关节点电压过冲来降低高频功率损耗，并最大限度地减少伴随的EMI。

低开关节点应力增强功率级的稳健性

在常规降压调节器设计中，输入电容和功率MOSFET之间的热环路电感会导致开关节点处出现较大的尖峰。SilentMOS LTC7050采用 Silent Switcher 2技术，在LQFN封装内部集成了关键的 V_{IN} 解耦电容。热环路的缩小导致寄生电感降低。此外，完全对称的布局消除了电磁场。图1比较了LTC7050布局与常规功率驱动器。如图2所示，当输入电压为12 V且输出满载时，开关节点的峰值电压仅为13 V。功率MOSFET上的峰值电压应力与其额定电压之间有充足的裕量，从而确保了器件的可靠性。完全集成的热环路消除了PCB布局敏感性，并使复杂的电磁抵消设计对用户清晰可见。为了正确测量开关节点振铃，请使用同轴电缆并将其从开关引脚焊接到本地接地，然后利用匹配阻抗在示波器上测量波形。

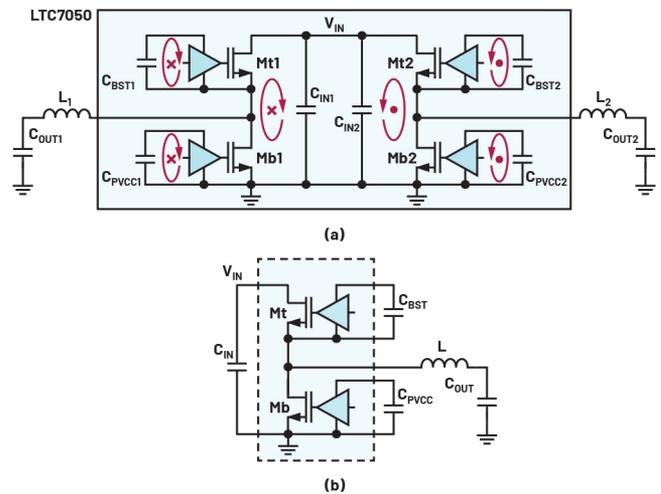


图1. SilentMOS LTC7050具有内部对称的小型热环路，以便最大限度地减少振铃，(a)显示LTC7050，(b)显示常规DrMOS模块

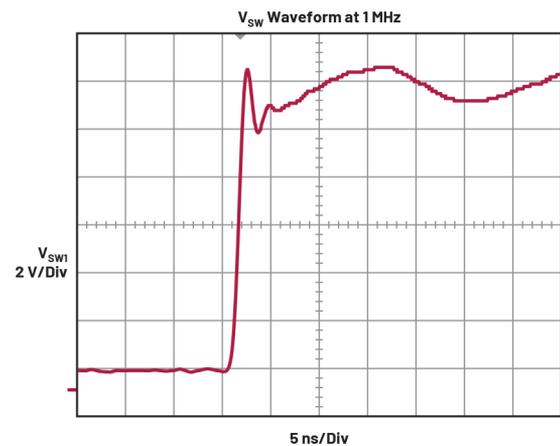


图2. 开关节点波形， $I_{LOAD} = 25 A$ /相位

高效率 and 先进封装支持高功率密度

LTC7050的转换损耗很低，因而在高频设计中，其比常规DrMOS模块效率更高。功率器件电流和电压的重叠时间由驱动速度决定。在多芯片DrMOS模块中，驱动速度受驱动器与功率MOSFET之间以及驱动器与其电容之间的电感限制。过快驱动MOSFET栅极可能导致功率器件/驱动器的栅极过压，并引发故障。另外，高di/dt会导致开关节点处出现较大的尖峰，因为热环路电感不可忽略。

LTC7050的驱动器与功率回路集成在同一裸片上，并且所有栅极驱动器的电容都在封装中。由于取消了键合线，每个驱动环路中的寄生电感接近于零。与多芯片DrMOS模块相比，LTC7050开启和关闭功率器件的速度要快得多。开关节点电压的典型上升沿短至1 ns，如图2所示。一流的驱动速度大大降低了转换损耗。高驱动速度允许LTC7050具有零死区时间，从而大大降低二极管导通和反向恢复损耗。

考究的设计提升了高开关频率下的电源转换效率。图3显示了600 kHz和1 MHz时的12 V至1.8 V转换效率和损耗曲线。对于1 MHz设计，峰值效率超过94%。

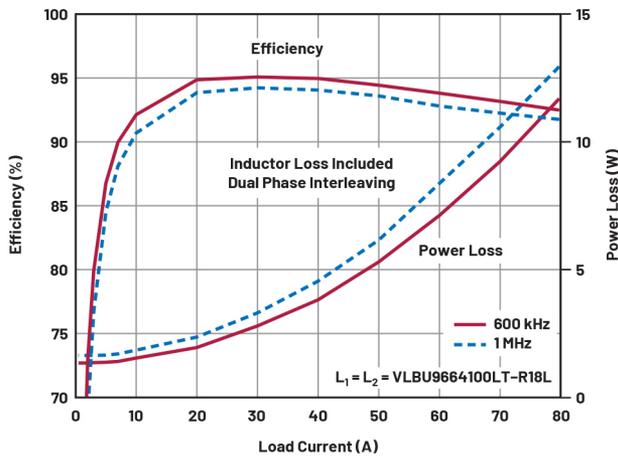


图3. 效率和损耗曲线

图4显示了600 kHz和1 MHz时的12 V至1.0 V转换效率和损耗曲线。

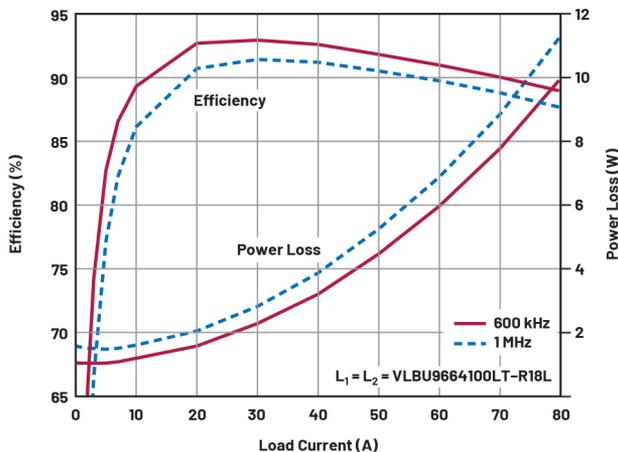


图4. 效率和损耗曲线

对于图4所示的1 MHz设计，60 A时的效率几乎为90%，而总功率损耗（包括电感损耗）小于7 W。LTC7050的散热增强型5 mm×8 mm LQFN封装的热阻抗很低，为10.8°C/W。低损耗和低热阻抗使LTC7050可以取代两个行业标准5mm×6mm DrMOS模块。图5显示了LTC7050在12 V至1 V/60 A转换、开关频率为1MHz时的热图像。在整个温度范围内，外壳温升约为68°C。

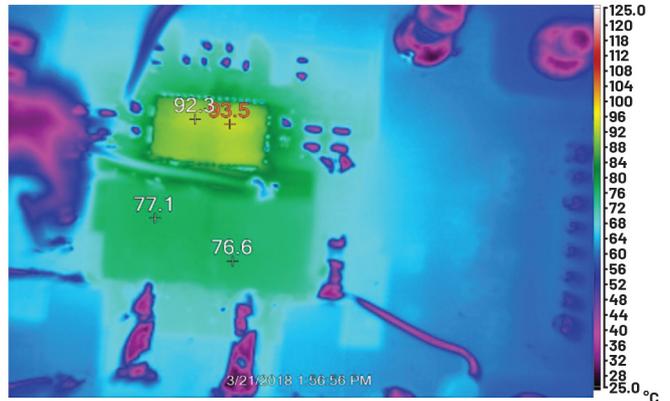


图5. LTC7050的热图像

测试条件： $V_{IN} = 12\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 1\text{ V}$ ， $I_{OUT} = 60\text{ A}$ ，无气流，电路板持续运行30分钟以上。

严格的故障警报和保护系统确保负载安全

LTC7050系列集成了一系列故障检测、警报和保护特性，以确保系统安全。

LTC7050为顶部和底部FET提供了经过全面测试的过流保护。当功率器件提取流经功率FET的瞬时电流时，同一裸片上的器件应匹配。单片架构保证了温度和工艺偏差影响被充分抵消，引起电流检测信号延迟的寄生效应可忽略不计。单片架构的这些内在优点支持实时、精确的电流监测和保护。一旦过电流比较器跳闸，无论PWM输入如何，受影响的功率器件都会闭锁，FLTB引脚被拉低以向控制器报告故障，而反向器件则接通以将电感电流续流至零。当电流斜坡降至零后，驱动器又只接受PWM信号。该保护方案防止了功率级在正或负限流值周围持续抖动，避免器件产生热应力。图6显示了负载电流斜坡上升，直至触发正过电流保护。

为了保证功率器件始终在安全工作区内工作，当输入电压超出OV阈值时，LTC7050的输入过压锁定特性会强制两个功率开关停止切换。如果功率MOSFET承载大电流且检测到OV，则反向功率器件会续流，如上所述。

LTC7050系列为控制器（如LTC3884）或系统监视器提供了两个温度测量接口。 T_{DIODE} 引脚连接到PN结二极管，以使用VBE方法或 ΔV_{BE} 方法测量IC结温。 T_{MON} 是专用引脚，以行业标准8 mV/°C斜率报告芯片温度。标准DrMOS模块将模拟温度监控与其他故障警报结合在一个引脚上，LTC7050与此不同，其 T_{MON} 仅在芯片温度至少为150°C时才被拉至 V_{CC} 。在其他故障情况下，当FLTB开漏输出被

拉低时， T_{MON} 将继续报告芯片温度。单片架构使 T_{DIODE} 和 T_{MON} 能够很好地反映功率器件的温度。在多相位系统中使用多个功率级时， T_{MON} 引脚可以连接起来以报告最高温度。

将自举二极管和自举电容集成到封装中，可以消除对升压引脚的需求和自举驱动器意外短路的可能性。内部会持续监视自举驱动器的电压。如果电压低于欠压阈值，则关断顶部FET以避免导通损耗过大。

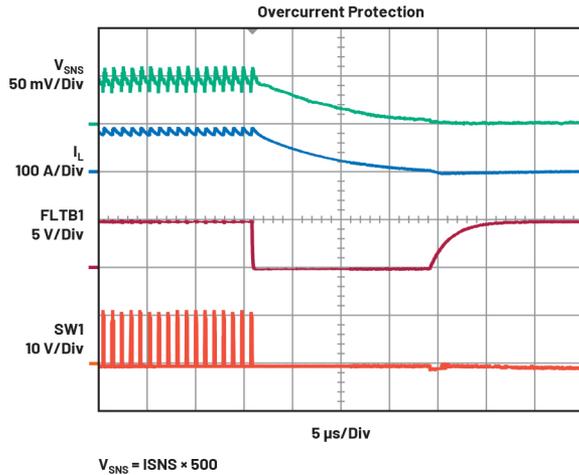


图6. LTC7050的过流保护

结论

LTC7050 SilentMOS单片式大电流智能功率驱动器是高频负载点应用的出色解决方案。对称布局的集成热环路带来了许多好处。外部元件更少，PCB尺寸更小，物料成本更低。低开关节点振铃增强了器件的可靠性。开关相关的损耗很低，故其在高开关频率下可实现高效率，并允许使用小电感；输出电容的尺寸也可以更小，因为闭环带宽更高。全面的监控和保护特性可在各种故障条件下保护昂贵的负载。

作者简介

Yingyi Yan是电源产品高级IC设计工程师。他于2013年加入ADI公司，担任应用工程师。他负责为负载点应用、中间总线电源转换器和大电流集成功率级开发控制器。他拥有8项美国专利。他于2013年获得弗吉尼亚理工大学（弗吉尼亚州布莱克斯堡）电力电子系统中心颁发的博士学位。联系方式：yingyi.yan@analog.com。

Eugene Cheung是一名模拟IC设计工程师，专门从事电源和高速电路设计。他于1994年获得布朗大学罗德岛分校电气工程学士学位，1997年获得加州大学伯克利分校电气工程与计算机科学硕士学位。他于2003年开始在凌力尔特公司（现为ADI公司的一部分）工作。

Eric Gu是一名电源IC设计专业人士，在电力电子领域已从业20多年，设计并发布了十几种大批量电源管理IC产品。他还是DC-DC电源转换领域多项专利的作者或共同作者。Eric拥有加州大学戴维斯分校的学士学位和硕士学位。目前，Eric担任IC设计工程总监，管理着ADI公司的一个电源IC设计专家团队。联系方式：eric.gu@analog.com。

Tuan Nguyen是ADI公司的一名产品评估工程师。他毕业于圣何塞州立大学，获电气工程学士学位。他于2007年加入ADI公司。联系方式：tuan.nguyen@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛
与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

