

TO-247-4L 用于提高开关性能的开尔文封装

目录

目录.....	1
1, 介绍.....	2
2, 开尔文封装介绍.....	2
2.1.源极电感对开关行为的影响.....	2
2.2.TO-247-4L 开尔文封装的优点.....	3
3, 开关性能比较: TO-247-3L 封装与 TO-247-4L 开尔文封装.....	4
4, 5kW 太阳能逆变器升压变换器功率损耗分析的仿真.....	5
5, TO-247-4L 封装的驱动电路推荐.....	6
6, 结论.....	7
7, TO-247-4L 封装的产品组合.....	7
8, 文档修订历史记录.....	8

1. 介绍

与硅基的 IGBT 或 MOSFET 相比，碳化硅 MOSFET 由于其更高的击穿电压、更高的工作温度、更高的导热系数以及更低的导通和开关损耗而变得越来越有吸引力。碳化硅 MOSFET 提供了显著的系统优势，如更高的功率密度和效率，更低的功率损耗带来冷却需求的减少。为了满足开关电源的高功率密度设计要求，应同时考虑高效率和高频。然而，TO-247-3L 封装中的源极电感对开关损耗和噪声都有重大影响。在效率和高开关频率的应用中，开尔文封装的 TO-247-4L 可以大大降低 SiC 和 SJ MOSFET 的开关损耗和栅极振荡。本应用文档说明了如何通过使用图 1 中的 TO-247-4L 开尔文封装来最大限度地提高 SiC MOSFET 的开关性能。

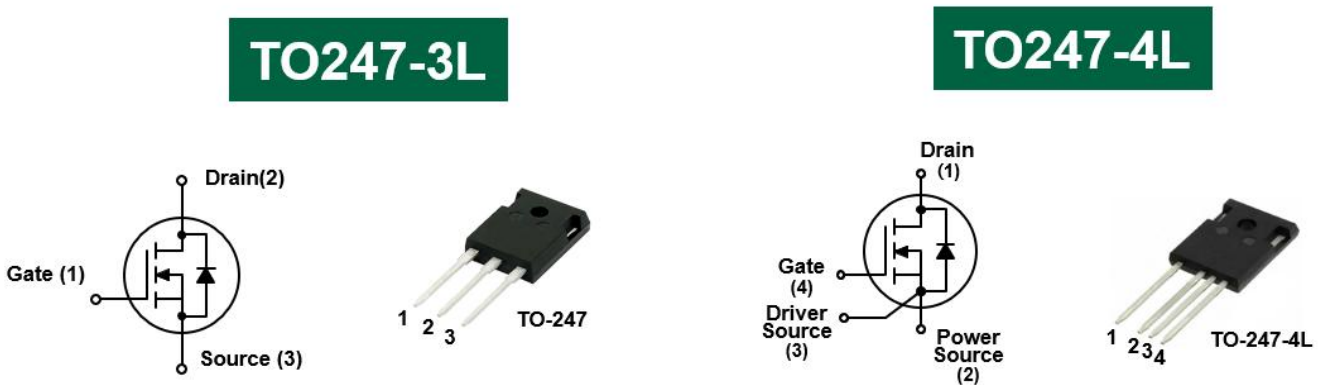


图 1. TO-247-3L 封装和带开尔文源配置的 TO-247-4L 封装

2. 开尔文封装介绍

2.1 源极电感对开关行为的影响

SiC MOSFET 的更快开关能够实现更高的功率密度和更高的系统效率。然而，由于传统的 TO-247-3L 等通孔封装的限制，碳化硅 MOSFET 的性能并不能总是最佳，因为随着开关速度的加快，封装和 PCB 板中的寄生电感更多地影响开关特性。这会产生不必要的副作用，如高电压尖峰、较差的 EMI 性能或桥式拓扑中的寄生导通。

BP-ANCM2307 TO-247-4L 用于提高开关性能的开尔文封装

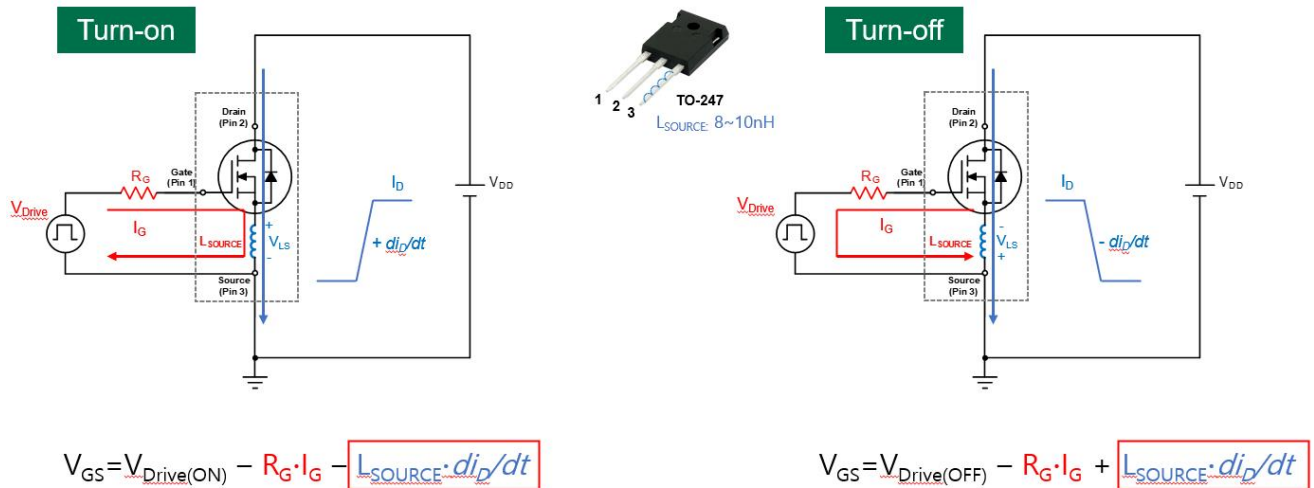


图 2. TO-247-3L 封装在开关瞬态下导通和关断的源极电感影响

如图 2 所示，当主电流通过公共源极切换时，源极引线的寄生电感是栅极驱动回路的一部分。在 MOSFET 导通瞬态期间，源极电感 (L_{SOURCE}) 通过正漏极电流斜率 ($+diD/dt$) 产生电感电压降 ($L_{SOURCE} * diD/dt$)。这导致栅极电压的降低，从而增加了 SiC MOSFET 的导通时间并增加了导通开关损耗。在关断瞬态期间，公共源极电感两端的电感电压降 ($L_{SOURCE} * -diD/dt$) 是由负漏极电流斜率 ($-diD/dt$) 引起的。该电感电压降导致接地电压电平和负栅极电压的增加。最后，TO-247-3L 的较大公共源极电感 (8~10nH) 导致 SiC MOSFET 的较高导通开关损耗和关断栅极振荡。

2.2 TO-247-4L 开尔文封装的优点

如图 3 所示，TO-247-4L 封装有额外的“驱动源”引线，该引线直接连接到栅极回路并与电源回路分离。TO-247-4L 封装的引脚输出不同于传统的 TO-247-3L，以确保与高压漏极引线的爬电距离。

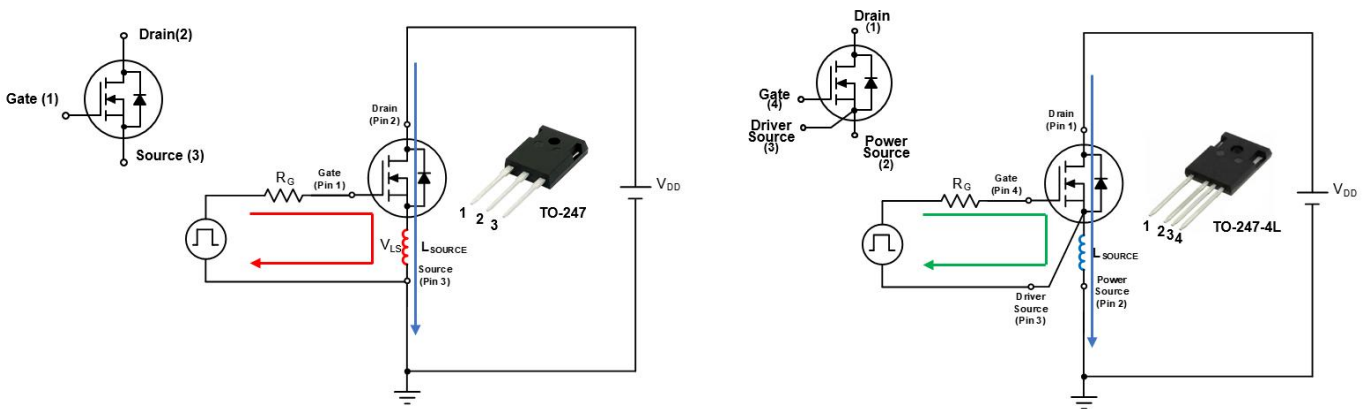


图 3. 门驱动电路：TO-247-3L (左) 与 TO-247-4L (右)

如图 4 所示，得益于开尔文源 to-247-4L 封装的额外驱动源引线，可以消除感应电压降的负面影响，开关损耗可以显著降低，尤其是在导通瞬态时，并减少关断瞬态时的栅极振荡。

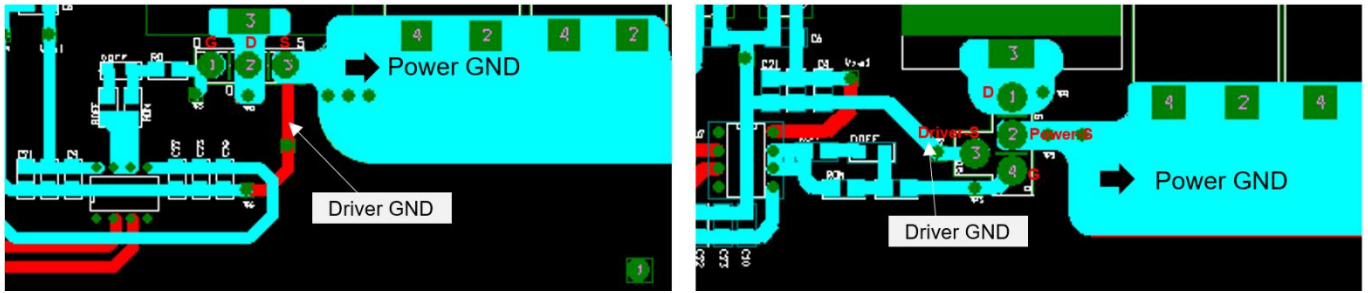


图 4. 栅极驱动电路 PCB 布局: TO-247-3L (左) 与 TO-247-4L (右)

3. 开关性能比较: TO-247-3L 封装与 TO-247-4L 开尔文封装

为了比较 TO-247-3L 和 TO-247-4L 封装之间的开关性能，用 1200V/80 mΩ 的 SiC MOSFET (BCW120N80M1 和 BCZ120N80MI)，设计了一个双脉冲开关电路板，如图 5 所示。该电路板经过优化，可最大限度地减少每个封装的寄生电感。在 $V_{DD}=1200V$ 、 $V_{GS}=-3V/+18V$ 、 $R_G=2\Omega$ 和 1200V/10A SiC 二极管 (BCH120S10D1) 用作高侧续流二极管条件下，测量了开关性能。

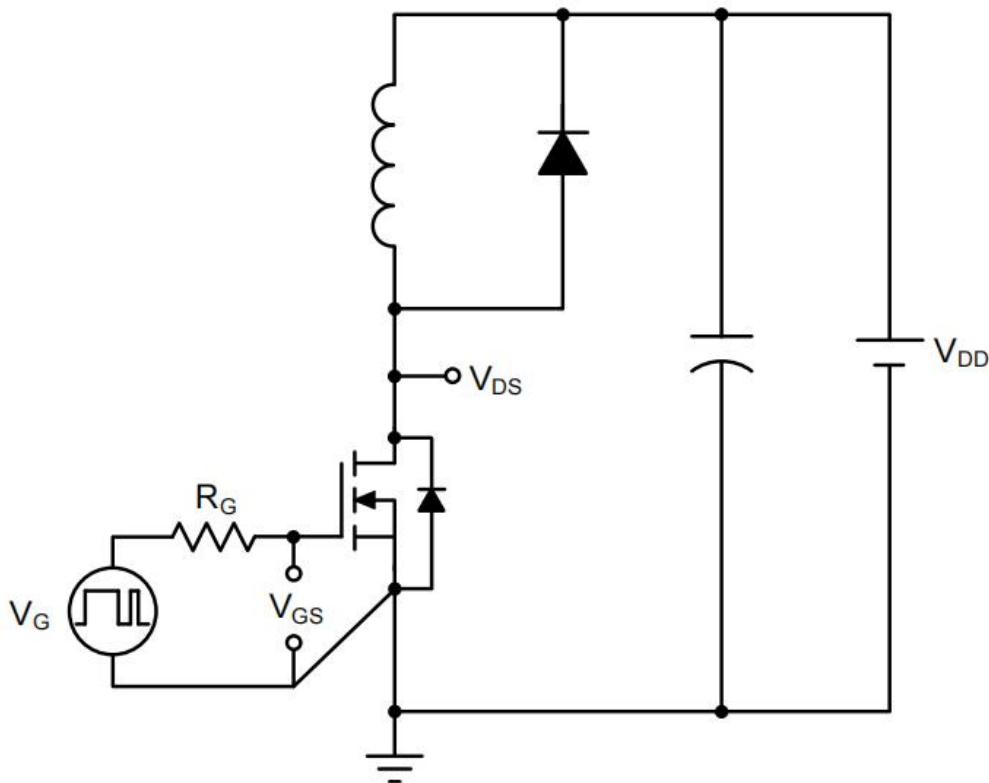


图 5. 双脉冲开关测试电路

图 6 显示了 TO-247-3L 和 TO-247-4L 封装之间的开关损耗比较。如分析所示，在 $I_D=25A$ 时，与 TO-247-3L 相比，由于其分离的开尔文管脚和源极管脚，TO-247-4L 封装大大降低了 71% 的导通损耗 (EON) 和 28% 的关断损耗 (EOFF)。

BP-ANCM2307 TO-247-4L 用于提高开关性能的开尔文封装

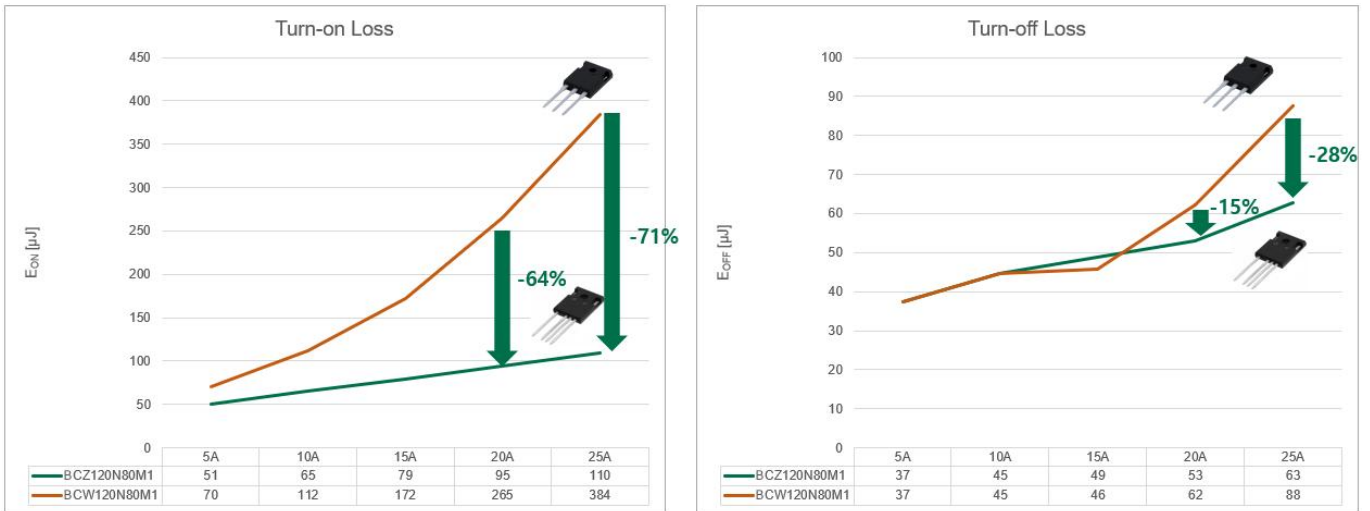


图 6. 开关损耗比较 (EON 和 EOFF), TO-247-3L 与 TO-247-4L 封装, 测试条件: VDD=1200V, VGS=-3V/+18V, RG=2Ω, FWD:BCH120S10D1 (1200V/10A SiC 二极管), ID=5~25A。

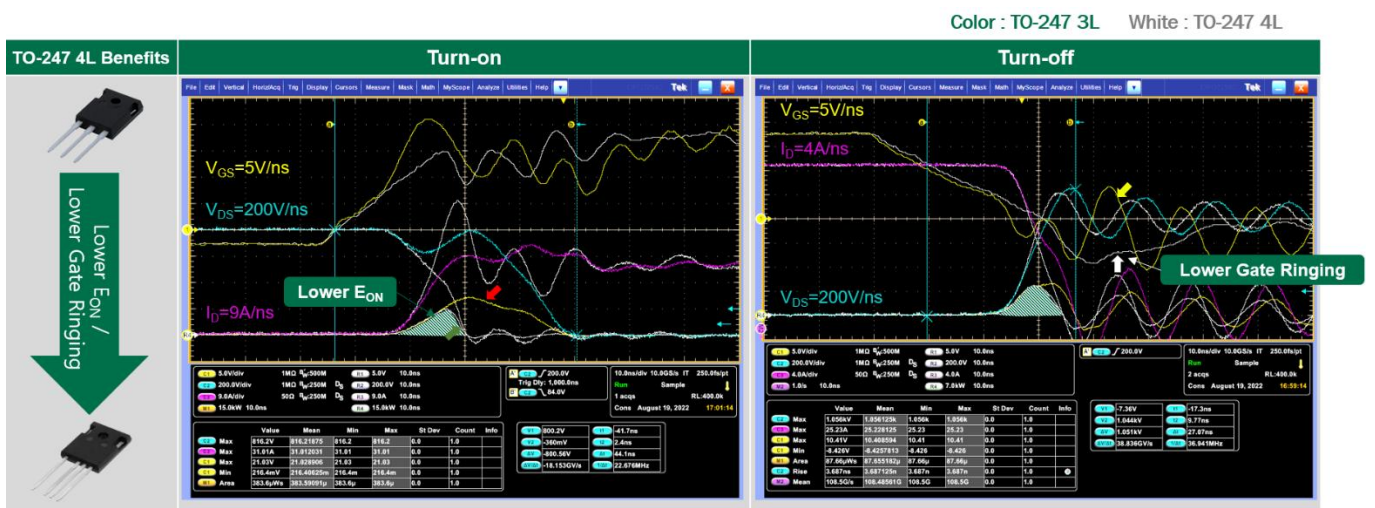


图 7. 接通 (左) 和关断 (右) 瞬态下的开关波形比较, 测试条件: VDD=1200V, VGS=-3V/+18V, RG=2Ω, FWD:BCH120S10D1 (1200V/10A SiC 二极管) 和 ID=5~25A 下, TO-247-3L 与 TO-247-4L 封装

图 7 显示了双脉冲开关测试板中 TO-247-3L (彩色) 和 TO-247-4L (白色) 在导通和关断瞬态过程中的开关波形比较。漏极-源极电压和漏极电流的交叉面积是图 7 中的开关损耗。在导通瞬态时, TO-247-3L 封装显示导通延迟, 其原因是内部栅极-源极电压由于从源极电感两端的正感应电压而降低。然而, 由于 TO-247-4L 的额外的开尔文管脚, 通过避免栅极驱动回路中电源两端的感应电压, TO-247-4L 封装能够实现更短的导通瞬态和更低的 EON。TO-247-4L 中 BCZ120N80M1 的 EON 比 TO-247-3L 中 BCW120N80M1 的 EON:384μJ 小 71% (110μJ)。在关断瞬态时, TO-247-3L 封装显示出更高的栅极振铃, 并导致关断延迟和更高的关断损耗。由于 TO-247-4L 封装的独立开尔文管脚和源极管脚, 栅极振铃大大减少。因此, TO-247-4L 封装能够减少关断延迟并降低关断开关损耗。TO-247-4L 中 BCZ120N80M1 的 EOFF 比 TO-247-3L 中 BCW120N80M 的 EOFF:88μJ 小 28% (63μJ)。

4. 5kW 太阳能逆变器升压变换器功率损耗分析的仿真

分析了太阳能逆变器 5kW 升压变换器中 TO-247 3L (BCW120N80M1) 和 TO-247 4L (BCZ120N80M1) 封装的 SiC MOSFET 的功率损耗。输入电压为 400VDC，输出电压设置为 630VDC，开关频率为 40kHz。图 8 是 5kW 太阳能逆变器升压转换器中 TO-247 3L 和 TO-247 4L 封装中 1200V/80mΩ SiC MOSFET M1 在满载条件下的功率损耗分布汇总。如图 8 所示，BCZ120N80M1 (TO-247-4L) 的导通损耗比 BCW120N80M1 (TO-247-3L) 低 42%。得益于 TO-247-4L 封装的开尔文配置，BCZ120N80M1 的总功率损耗比 BCW120N80M 低约 18%。开尔文封装可以大大降低导通开关损耗，尤其是在硬开关拓扑中。

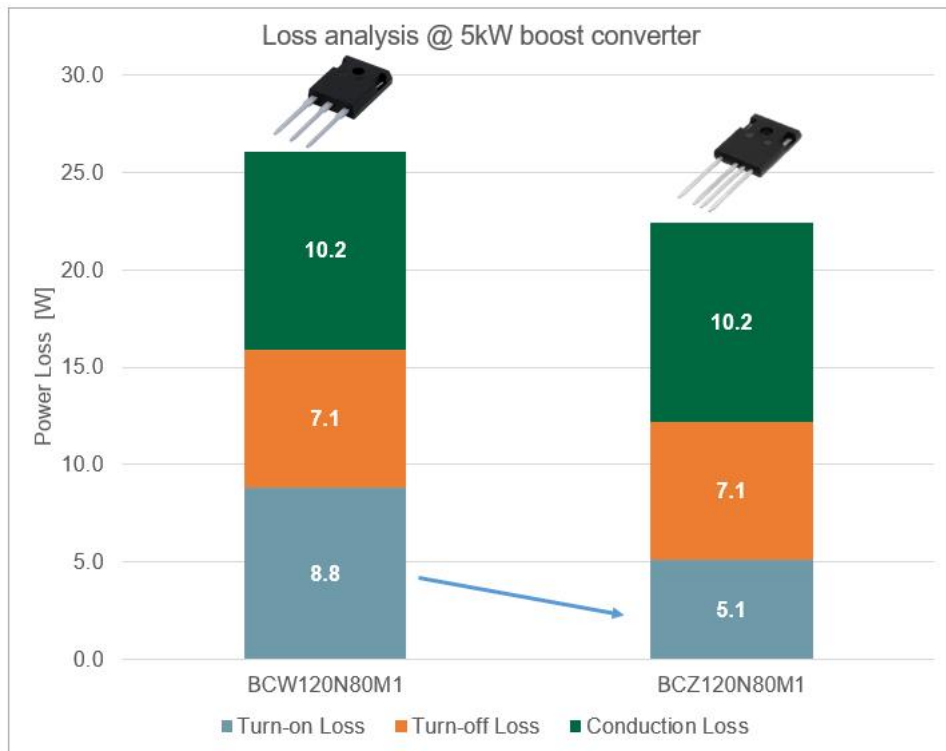


图 8。5kW 太阳能逆变器升压变换器满负荷功率损耗分析

5. TO-247-4L 封装的驱动电路推荐

为了避免这种共源极导致的电感影响，源极电感不应包括在栅极驱动回路中。TO-247-4L 开尔文封装提供了额外的驱动源极引线，是消除共源极的电感对 SiC 和 SJ MOSFET 开关性能的影响，是最佳的选择。图 9 显示了 TO-247-4L 封装的升压 PFC 的驱动电路建议。栅极驱动回路通过开尔文管脚，将源极高 di/dt 和源极电感的感应电压降完全分离。最终，可以完全解决共源极电感的负效应。

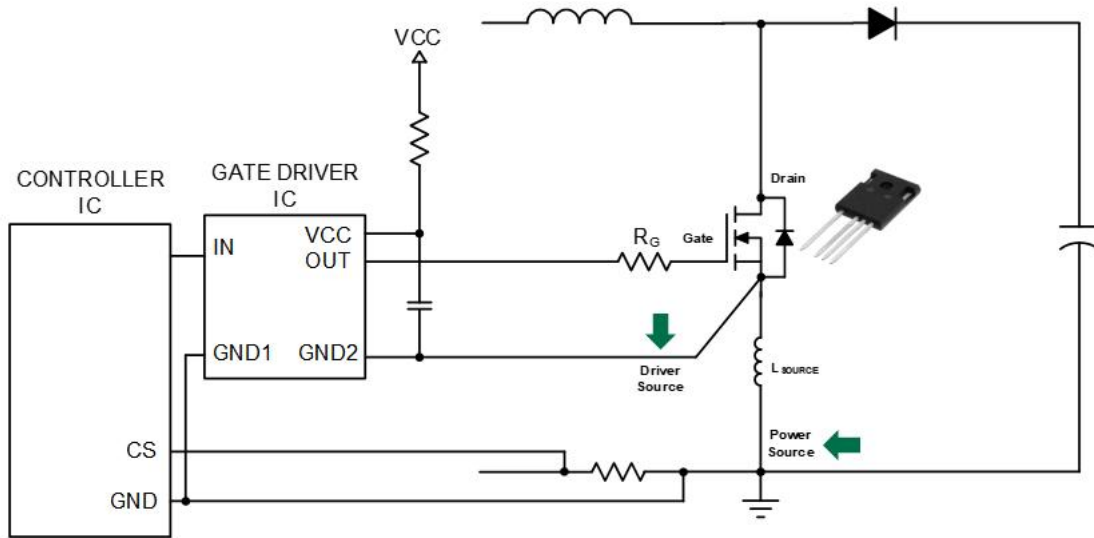


图 9。TO-247-4L 开尔文封装的 Boost PFC 驱动电路

6. 结论

在许多应用中，电源开关的源极引线中的寄生电感引起的负反馈会显著增加开关损耗。提供额外驱动源极引线的 TO-247-4L 开尔文封装，通过消除源极电感两端的感应电压降来解决这个问题。这是一种通过降低开关损耗来显著提高系统效率的简单方法。萃锦半导体为 SiC MOSFET 系列提供开尔文封装 (TO-247-4L 和 D2PAK-7L) 的产品组合。

7. TO-247-4L 封装的产品组合

表 1。TO-247 4L 封装产品组合



650V SiC MOSFET	1200V SiC MOSFET	600V MOS E7
*BCZ65N18M1(-A)	BCZ120N21M1(-A)	BMZ60N028E7(-A)
*BCZ65N27M1(-A)	*BCZ120N30M1(-A)	
BCZ65N48M1(-A)	BCZ120N40M1(-A)	
*BCZ65N72M1(-A)	*BCZ120N60M1(-A)	
*BCZ65N107M1(-A)	BCZ120N80M1(-A)	



* Coming Soon (-A : Automotive Grade)

欲了解更多产品信息，请访问 www.bestirpower.com

8. 文档修订历史记录

Date	Description of change
3-Aug-2023	First Release

重要通知

萃锦半导体保留对本文件和相关产品中的信息进行更改的权利，恕不另行通知。

- 未经萃锦半导体事先书面许可，不得复制本文件和此处的任何信息
- 本文件如有更改，恕不另行通知。
- 本文和本文档中描述的产品受特定免责声明的约束
- 尽管萃锦半导体不断努力提高质量和可靠性，但产品可能会出现故障或失效。客户有责任遵守安全标准，并为其系统提供充分的设计和保障。
- 客户全权负责其产品设计或应用的所有方面，包括但不限于确定本产品使用的适当性，确定本文件中包含的任何信息的适用性。