新型 OptiMOS™ 5 150 V

根据应用优化参数及特性

关于这篇文章

应用范围和宗旨

新型 OptiMOS™ 5 150 V 进行了几项改进。由于在开始开发过程之前进行了深度调研，我们现已优化了重要的 MOSFET 参数。

本应用说明展示了这 5 个主要参数及其对应用的影响

目标受众

电源设计工程师

Table of contents

关于这篇文章 1

Table of contents 1

1 简介 2

2 导通电阻 $R_{DS(on)}$ 3

3 性能品质因素（栅极） 5

3.1 FOM_g 和 FOM_{gd} 图 5

3.2 性能品质因素输出电荷 FOM_{oss} 5

4 栅极阈值电压 V_{GSth} 6

5 反向恢复电荷 Q_{rr} 7

6 摘要 9

Trademarks 10

1 简介

一般来说，在开发新的硅技术之前，亟需阐明哪些 MOSFET 属性可能会改变或改进，为客户提供重要的附加价值。在这个过程中，其中一个很大的挑战是必须考虑应用多样性的可能。最著名的和最常用的方法是芯片进一步集成。该方法试图将重要的元器件参数在更小的硅片上实现，从而降低制造成本。在过去，新的硅技术特别对以下参数进行了优化：

1) 导通电阻 $R_{DS(on)}$。. 决定了导通期间内的损耗

2) 性能品质因素(FOM_g, FOM_{gd})。这些参数有助于描述驱动损耗

3) 输出电荷 FOM_{OSS}。是开关损耗的一个重要组成部分>.

4) 阈值电压 $V_{(GS)th}$。描述了 MOSFET 开始导通的栅源电压.

在开发新型 OptiMOS™ 5 150 V 的过程中，我们考虑了上一代 MOSFET 的经验和目标应用的评估。此外，这些需求以高优先级集成到开发中。在这里，元器件参数中的第五项一个被认为是特别重要的：

5) 反向恢复电荷 Q_{rr}

此参数不仅仅只描述了功率 MOSFET 的体二极管的重要特性。在许多应用中，较高的反向恢复电荷 Q_{rr} 导致电磁兼容问题，增加元器件承担的应力，如果不采取合适的对策，甚至会导致热处理一些问题。传统的补救措施是通过增加外部栅极驱动电阻降低开关速度，但通常会导致开关损耗显著增加。这将需要更复杂的，因此更昂贵的热处理。甚至可能减少整个组件的使用寿命。以下章节将描述新技术的改进和优势。

最后一章的重点是详细介绍“Q_{rr}”

2 导通电阻 $R_{DS(on)}$

OptiMOS™ 3 和新型 OptiMOS™ 5 产品的导通电阻和（有效）芯片面积($RR_{DS(on)}$*A)之间的直接对比表明改善是显著的，即相同芯片面积产生的 $R_{DS(on)}$降幅高达 25%（图 1）

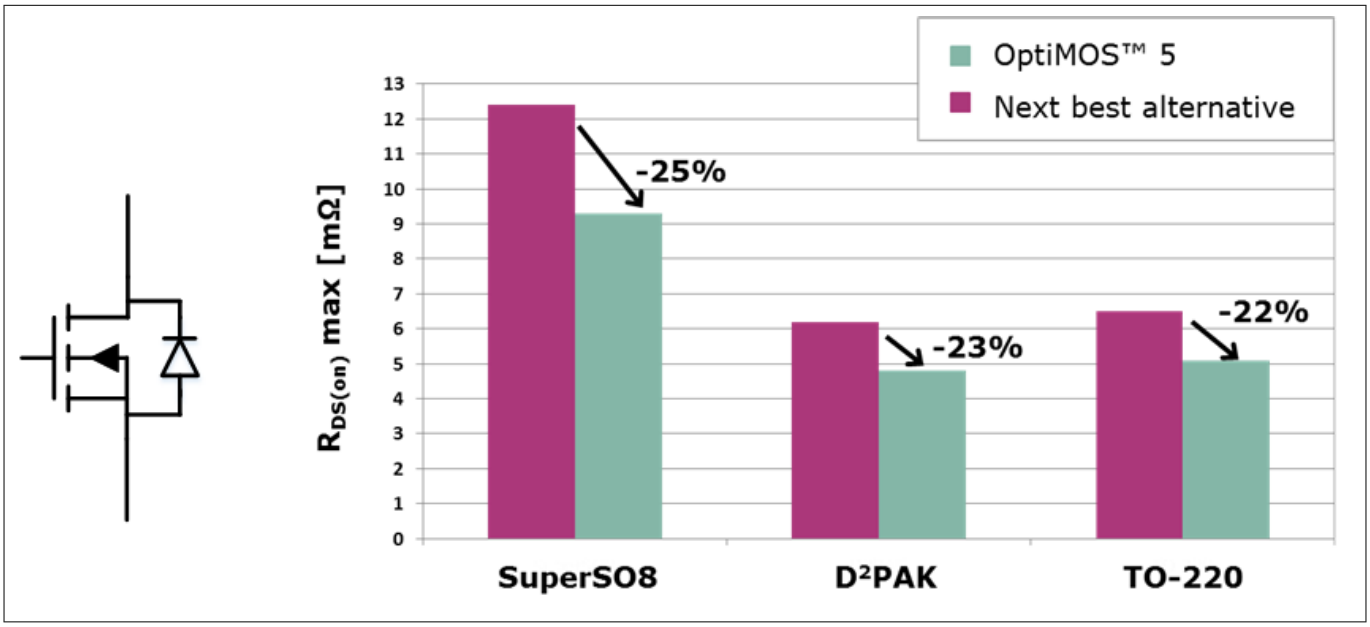


Figure 1 使用 OptiMOS™ 5 150 V 后 $R_{DS(on)}$的降幅

应用的优势有：

1) 在使用相同封装的情况下，与第二佳替代品相比，导通损耗的降幅高达 25%

2) 根据应用的不同，现在可以使用更小的封装（例如以 SuperSO8 代替 D²PAK，图 2

3) 在适当的地方，可以不再使用 TO-220 等过孔安装器件；转而使用 D²PAK 甚或 SuperSO8 等 SMD 封装

4) 通常并联 MOSFET 以减少产生的漏源导通电阻。OptiMOS™ 5 150 V 尽可能减少并联 MOSFET 数量或完全避免并联。因此，OptiMOS™ 5 150 V 所需空间更少，更具成本优势

5) 相比其前身 OptiMOS™ 3，在保持 $R_{DS(on)}$不变的情况下，OptiMOS™ 5 具有更小的芯片面积，因此其成本效益更高。而

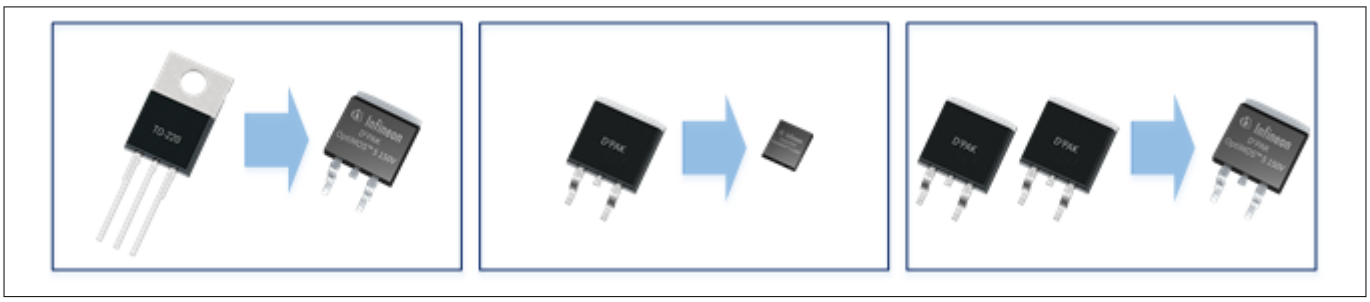


Figure 2 OptiMOS™ 5 150 V 的封装优化

优化电路的另一种可能情况是在电源的次级侧采用 MOSFET 进行全桥整流，以减少损耗，这时候就可能需要 75 V 或 80 V 开关管（图 2）。现在可以避免全桥整流的最大缺点（高边侧或半桥驱动器的使用）。OptiMOS™ 5 150 V 较低的 $R_{DS(on)}$只使用低边开关和相对便宜的驱动器，简化解决方案并降低花费

2 导通电阻 $R_{DS(on)}$

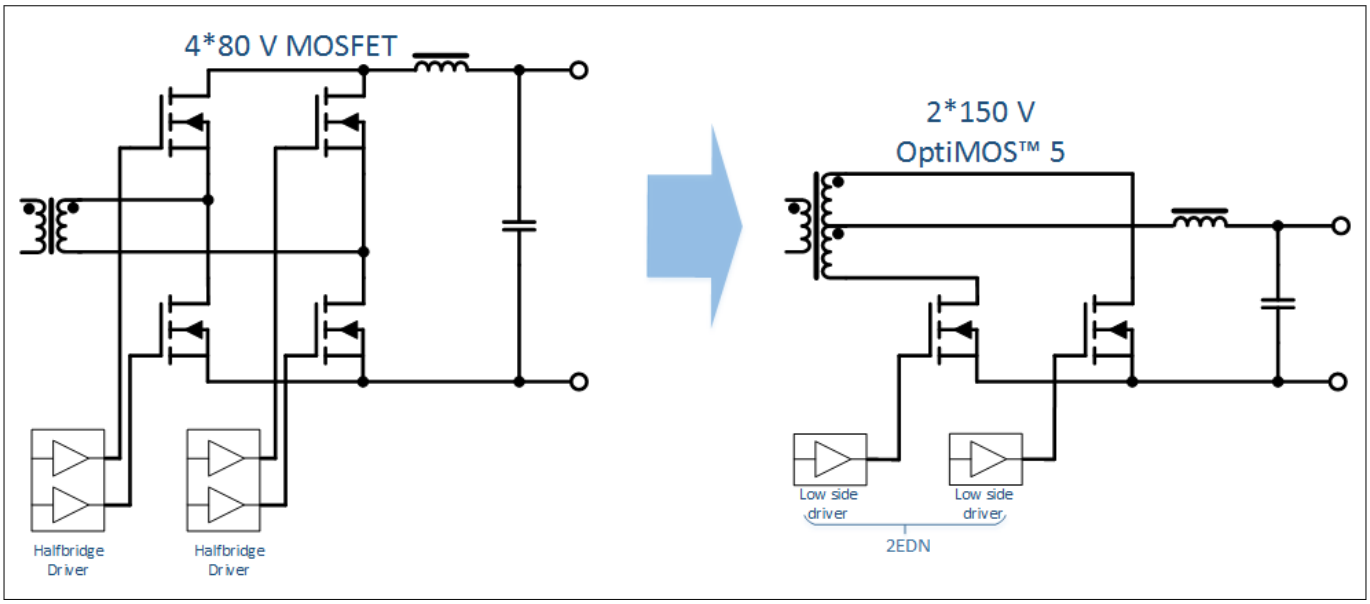


Figure 3 使用 OptiMOS™ 5 150 V，复杂度和器件数目降低

3 性能品质因素（栅极）

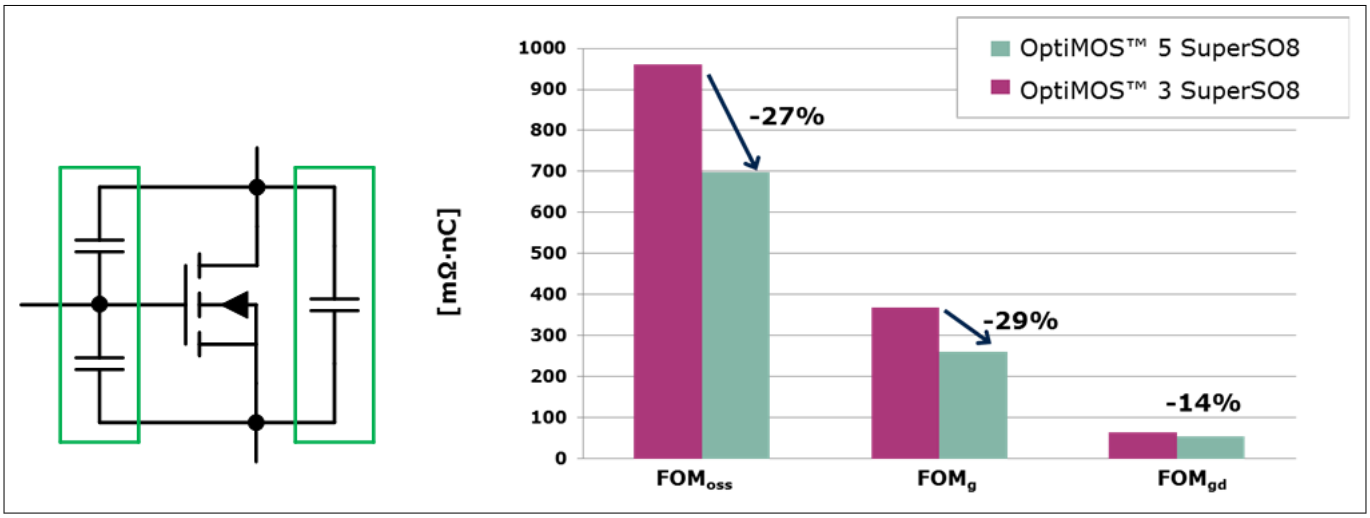


Figure 4 减少性能品质因素中输出电荷 FOM_{OSS}、栅极总电荷 FOM_g 和栅漏电荷 FOM_{gd}。

3.1 FOM_g 和 FOM_{gd} 图

提高电源的能效水平的一个选择是减少开关时间。对于相同的驱动电路，较低的栅极电荷使得开关速度加快，以降低开关损耗。在更高的开关频率，驱动 MOSFET 所需要的能量是不可忽略的。毕竟，驱动电路不仅为驱动供电，还有部分会转换成热量。使用 OptiMOS™ 5 150 V，产生的温度较低，驱动器受的影响减少，从而也降低了整个组件的失效概率。

3.2 性能品质因素输出电荷 FOM_{oss}

MOSFET 输出电容在每个开关周期进行充电。其存储的能量通常不能被使用，构成开关损耗的一大部分。如果现将使用相同的 $R_{DS(on)}$ OptiMOS™ 5 替换 OptiMOS™ 3 减少的正是这些损耗。这将导致更高的能效和元器件负载的减少，并减少失效概率。

4 栅极阈值电压 V_{GSth}

当漏源极有电流流过时，栅极上的电压就叫栅极阈值电压。对于逻辑电平 MOSFET，这个值通常是在 1 V 和 2 V 之间。对于正常水平 MOSFET，这个值一般在 2 V 和 4 V 之间。这个值越低，由于寄生参数的影响会越容易使 MOSFET 感应开启而导致损耗增加，甚至导致 MOSFET 损坏的风险增高。为了减少这种风险，OptiMOS™ 5 150 V 中阈值电压的设定值明显增高，例如在 IPB044N15N5（4.4 mΩ 的 D²PAK）中，现将该值设定为 3 V，其最大值为 4.6 V。

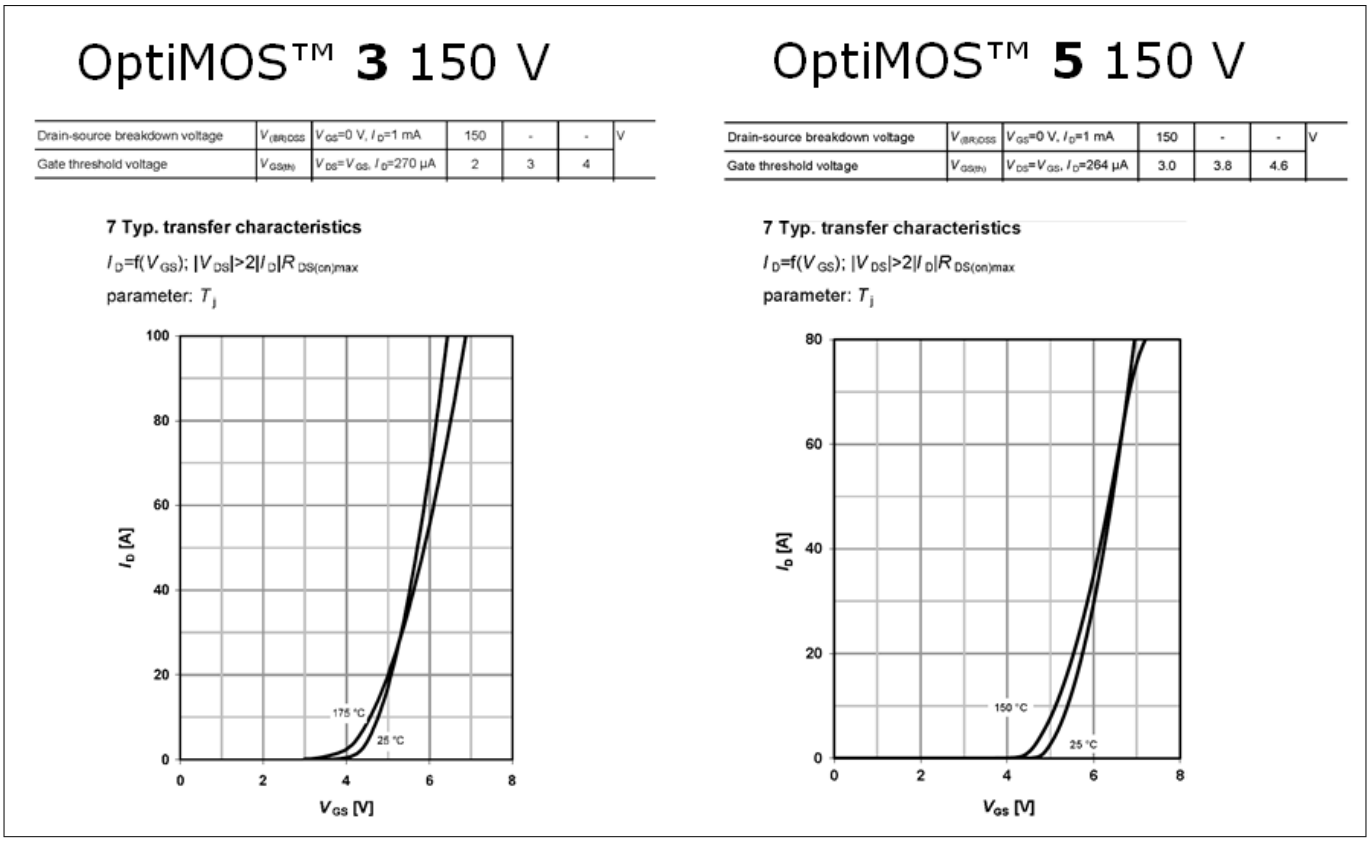


Figure 5 **IPB065N15N3 G（左）和 IPB044N15N5 门极阀值开启电压和跨导**

5 反向恢复电荷 Q_{rr}

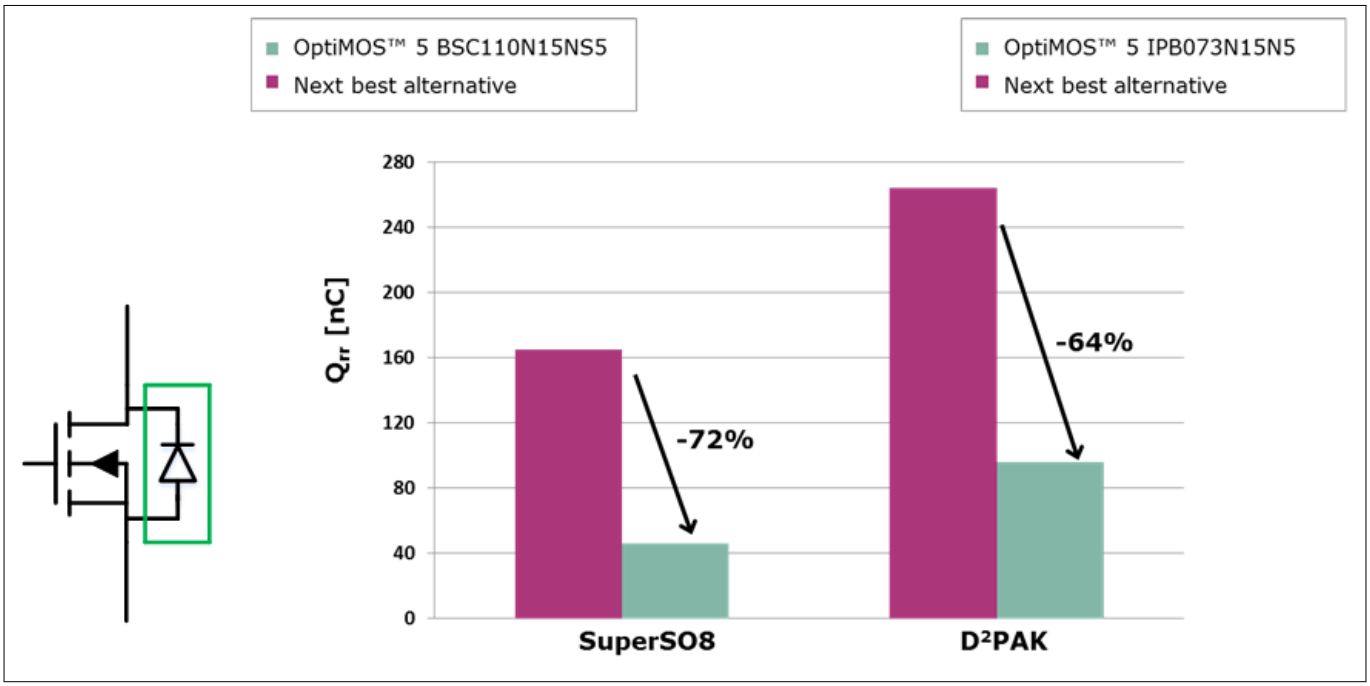


Figure 6　减少反向恢复电荷 Q_{rr}

如果仍然可以轻易计算出 $R_{DS(on)}$损耗，开关损耗值得仔细考虑。可以通过电压/电流对其进行计算。通过示波器很容易确定电流和电压曲线，当包含开关频率时，可能能够指定开关损耗。从理论上说，通过减少栅极驱动电阻来缩短开关时间，可以降低开关损耗。但在实践中，可能会有其他因素的限制，这种通过减少门极驱动电阻而降低开关损耗的办法不一定都能用。在应用中，随着体二极管的切换，所谓的反向恢复电荷 Q_{rr} 将会随工作电流中和。这不仅仅与 SMPS 拓扑相关；在低电压马达驱动应用当中，通常也需要对（导通）体二极管进行阻断。

这在同步降压（BUCK）转换器的续流阶段最容易看到。

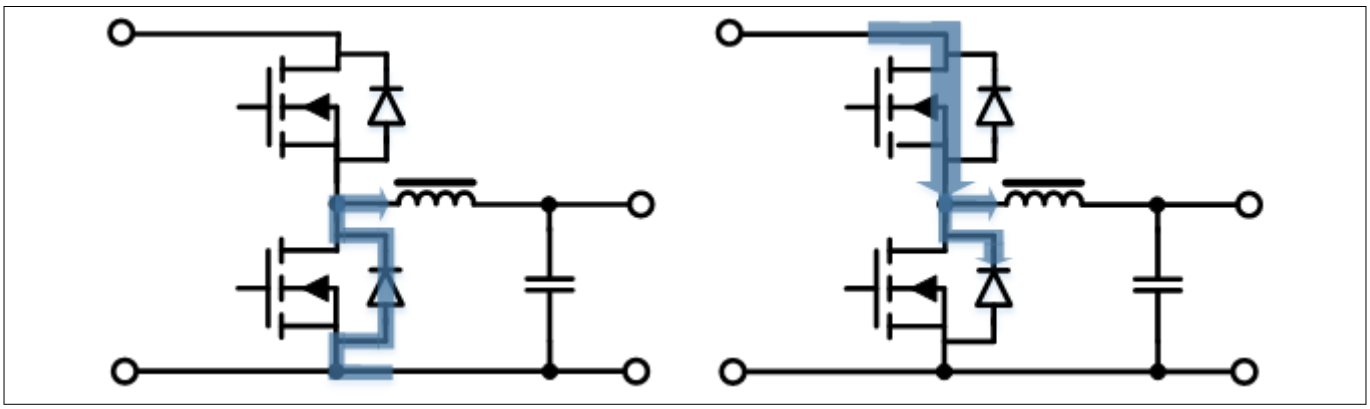


Figure 7　优化反向恢复电荷 Q_{rr}，半导体器件的应力减少

首先，电流在低边 MOSFET 向二极管的方向流通。然后，开通 MOSFET，电流通过体二极管；因此，最初的损耗完全是 $R_{DS(on)}$损耗。快开启高边侧 MOSFET 之前，必须关闭低边侧 MOSFET 的通道，即使时间间隔通常比微秒短得多。在这段时间里（图 7 左），续流电流完全转移至低侧 MOSFET 的体二极管。如果现在接通高边侧 MOSFET（图 7 右），它不仅需要接管负载电流，还要阻断二极管并中和反向恢复电荷 Q_{rr}。体

5 反向恢复电荷 Q_{rr}

二极管的反向恢复将增加工作电流，在更高的开关速度的情况下，峰值甚至将显著高于实际的负载电流。这不仅对开关高边侧 MOSFET 形成更大的应力，陡峭的尖峰也有可能造成电磁兼容问题。

传统的做法是增加 MOSFET 的外部栅极驱动电阻，从而降低开关速度。然而，由于热处理和组件可靠性相应的影响，MOSFET 的开关损耗可能会增加。无论是否切换导电体二极管，同样的问题也可能在其他应用中出现。如同步整流器和电机逆变器。在 OptiMOS™ 5 150 V 中，反向恢复电荷已明显减少。在实践中，这意味着使用同样的 $R_{DS(on)}$，外部栅极电阻相比 OptiMOS™ 3 150 V 要小得多。此方法的直接可见的结果是开关损耗的减少。

6 摘要

相比其前身 OptiMOS™ 3，OptiMOS™ 5 150 V 有了显著的改进。不仅大幅减少 $R_{DS(on)}$，而且优化了性能品质 FOM_g、FOM_{gd} 和 FOM_{oss}，有助于加快切换速度。

由于大幅度降低反向恢复电荷 Q_{rr}，体二极管表现得到大幅度改善，同时对 EMC 特性和能效产生了积极影响。因此，OptiMOS™ 5 150 V 可减少开发时间和成本。此外，OptiMOS™ 5 150 V 减少了对元器件的应力，简化了热处理。

Trademarks of Infineon Technologies AG

µHVIC™, µIPM™, µPFC™, AU-ConvertIR™, AURIX™, C166™, CanPAK™, CIPOS™, CIPURSE™, CoolDP™, CoolGaN™, COOLiR™, CoolMOS™, CoolSET™, CoolSiC™, DAVE™, DI-POL™, DirectFET™, DrBlade™, EasyPIM™, EconoBRIDGE™, EconoDUAL™, EconoPACK™, EconoPIM™, EiceDRIVER™, eupec™, FCOS™, GaNpowIR™, HEXFET™, HITFET™, HybridPACK™, iMOTION™, IRAM™, ISOFACE™, IsoPACK™, LEDrivIR™, LITIX™, MIPAQ™, ModSTACK™, my-d™, NovalithIC™, OPTIGA™, OptiMOS™, ORIGA™, PowIRaudio™, PowIRStage™, PrimePACK™, PrimeSTACK™, PROFET™, PRO-SIL™, RASIC™, REAL3™, SmartLEWIS™, SOLID FLASH™, SPOC™, StrongIRFET™, SupIRBuck™, TEMPFET™, TRENCHSTOP™, TriCore™, UHVIC™, XHP™, XMC™.

Trademarks Update 2015-12-22

Other Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2016-11-24

Published by

Infineon Technologies AG

81726 Munich, Germany

© 2016 Infineon Technologies AG

All Rights Reserved.

Do you have a question about any aspect of this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference
IFX-hpb1474546701148

IMPORTANT NOTICE

The information contained in this application note is given as a hint for the implementation of the product only and shall in no event be regarded as a description or warranty of a certain functionality, condition or quality of the product. Before implementation of the product, the recipient of this application note must verify any function and other technical information given herein in the real application. Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind (including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party) with respect to any and all information given in this application note.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

WARNINGS

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury