

基于氮化镓的初级侧开关扩展了INNOSWITCH3 IC产品系列的功率范围

2019年7月，Power Integrations发布了InnoSwitch™3系列恒压/恒流离线反激式开关电源IC的新成员。新IC可在整个负载范围内提供95%的高效率，并且在密闭适配器内不使用散热片的情况下可提供100 W的功率输出。这一突破性的性能提升源自内部开发的高压氮化镓开关技术 - PowiGaN™。

白皮书



对氮化镓的需求

高度成功的InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro和LYTSwitch™-6系列反激式功率转换IC具有极高能效，在充电器、适配器、LED镇流器以及风冷条件较差的其他紧凑型或密闭型电源系统的应用当中实现无需使用散热片。InnoSwitch器件采用PI独有的FluxLink™反馈系统，可提供高精度调整、快速动态响应和完善的输入过压/欠压保护、过载保护和自我保护等特性。InnoSwitch3适合USB PD和PPS快速充电适配器、消费电子产品、家电以及对高效率、高可靠性和耐久性、低元件数和紧凑布局有要求的其他工业类应用。

这些器件采用先进的薄型InSOP-24C封装，根据不同输入电压范围及电源尺寸的要求不同，采用专有的硅MOSFET技术的情况下可以在30W至60W的功率范围内实现无散热片的设计。

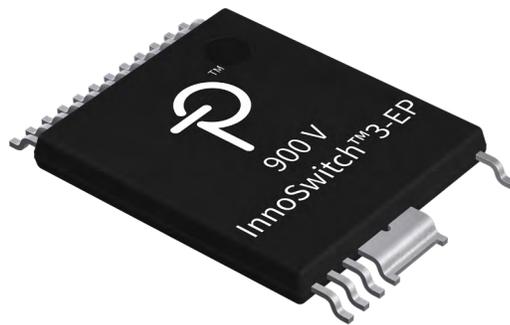


图1 Power Integrations InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro和LYTSwitch-6功率转换产品系列所采用的InSOP-24C专有表面贴装功率封装

为了满足更大功率快速充电、物联网家电、LED照明和工业应用的输出功率需求，以及进一步减小变换器的尺寸，需要使用具有更小单位面积电阻 $R_{DS(ON)}$ 和更高转换效率的初级功率开关。宽禁带半导体可提供更小的特定 $R_{DS(ON)}$ （单位面积导通电阻）和极小的开关损耗，因此能够轻松满足不断发展的市场要求。

氮化镓的性能源自半导体材料的宽禁带特性

氮化镓(GaN)是一种宽禁带半导体材料，用此材料制作的开关在导通和关断期间与硅材料相比具有极低的开关损耗。实际上，与硅MOSFET不同的是，氮化镓开关本身的关断损耗就接近于零。氮化镓开关的开通损耗几乎完全来自于内部的结电容，氮化镓的此种电容要比硅MOSFET小很多。这是因为氮化镓的开通和关断几乎是瞬间发生的，在相同 $R_{DS(ON)}$ 的情况下氮化镓器件相对于硅器件相比其结的大小要小很多。

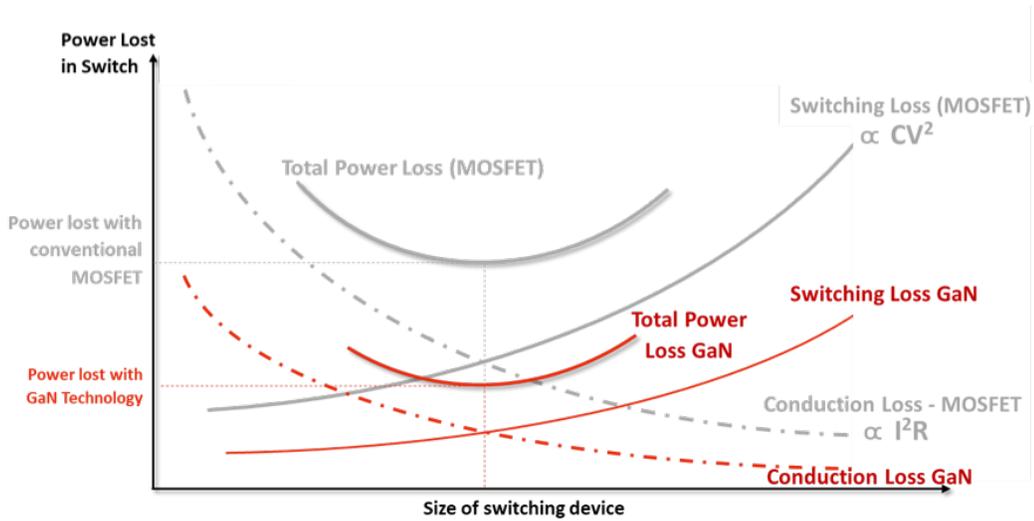


图2 导通损耗（取决于通道电阻）与开关损耗（在结的尺寸给定的情况下氮化镓器件相对于硅器件具有更低的损耗）的比较

PowiGaN的性能优势

Power Integrations开发了先进的氮化镓开关技术(PowiGaN)，并针对其在集成功率解决方案当中的应用进行了优化。PowiGaN器件可使InSOP-24C封装在无需散热片的情况下提供更大的输出功率，同时还能极大提升电源的整体效率。

分立氮化镓解决方案的主要挑战是难以驱动晶体管并对其提供保护。氮化镓技术比硅技术的开关速度快得多，即使是分立氮化镓封装和PCB走线所产生的分布电感和电容很小都会使它变得难以驱动。设计者通常面临的挑战是开关期间的高dv/dt和高频振荡，这些问题会产生EMI、降低效率，在有些情况下还可能损坏器件。高开关速度还使在故障时对晶体管的保护变得非常困难，因为氮化镓开关的高速开关可导致开关电流增大到具有破坏性的水平 – 保护电路来不及安全关断器件。

在Power Integrations高度集成的开关电源IC中嵌入PowiGaN可彻底解决这些难题。集成可以大幅减小寄生电感和电容，从而更容易避免振荡。基于PowiGaN的产品集成了专为特定PowiGaN器件定制的驱动器，可优化开关速度，从而降低EMI、提高效率，并且有效消除振荡。保护电路能够快速检测到不安全的电流，并在发生故障时安全关断器件，Power Integrations的开关电源IC集成了启动电路，无需外部偏置电路。PowiGaN器件还采用无损耗电流检测技术，可完全省去外部检测电阻，在分立方案中这些电阻的大小通常会超过氮化镓开关自身的电阻。有了这些优势，电源开发者可以集中精力满足客户的输出功率、外形尺寸和热性能要求，无需对氮化镓技术的采用有其它特别的考量。

基于PowiGaN的InnoSwitch3的工作方式与同系列的常规（基于硅的）器件的工作方式没有区别。PowiGaN器件和硅器件的开关频率、变压器设计、EMI滤波、偏置和同步整流电路都是相同的。仅需进行修改以适应基于PowiGaN的设计的更大功率要求。PI Expert™自动化电源设计软件套件同时支持基于MOSFET和PowiGaN的器件，可通过选择最佳元件并根据基本参数输入生成完整的电路原理图、磁芯和BOM来加快设计过程。

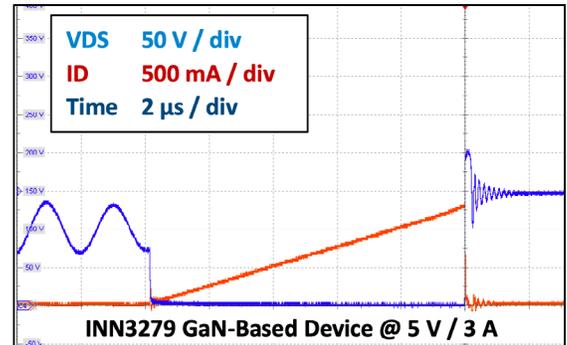
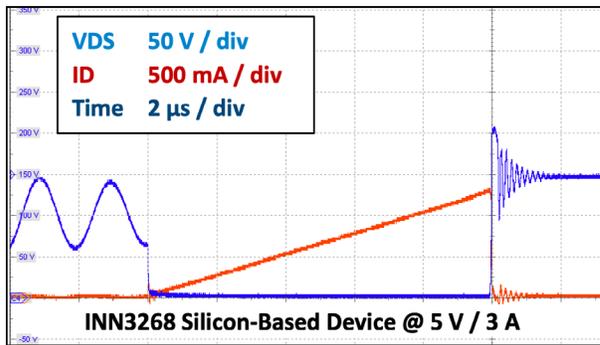


Figure 3(a) Low Line DCM Turn-On V_{IN} : 100 VDC

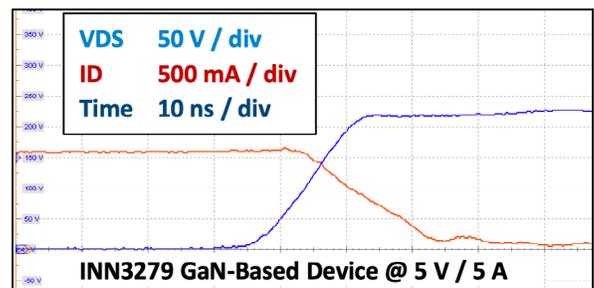
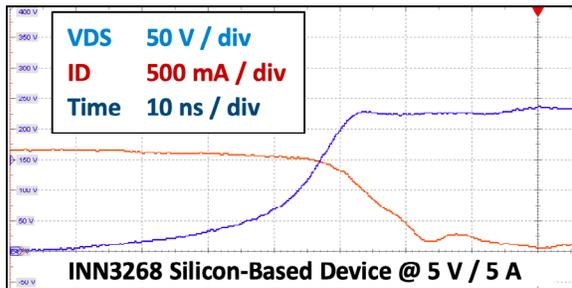


Figure 3(b) Low Line CCM Turn-Off V_{IN} : 100 VDC

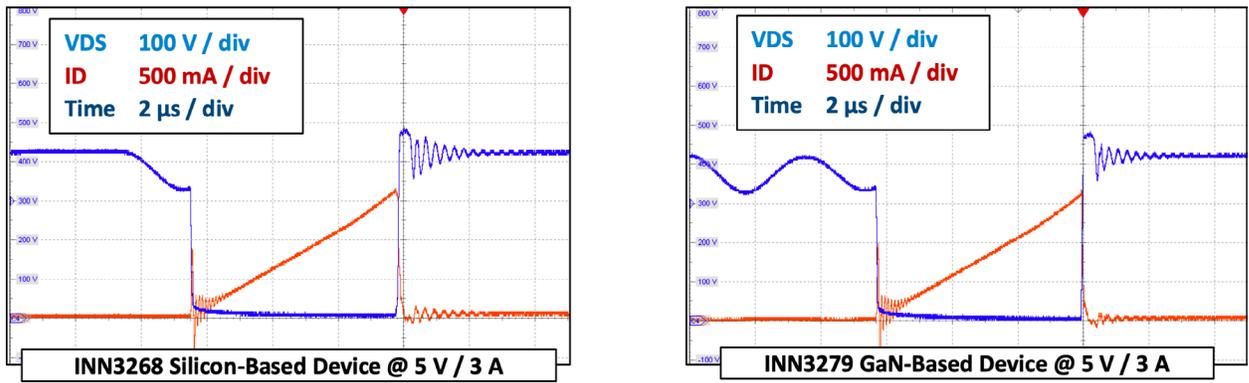


Figure 3(c) High Line DCM Turn-On V_{IN} : 370 VDC

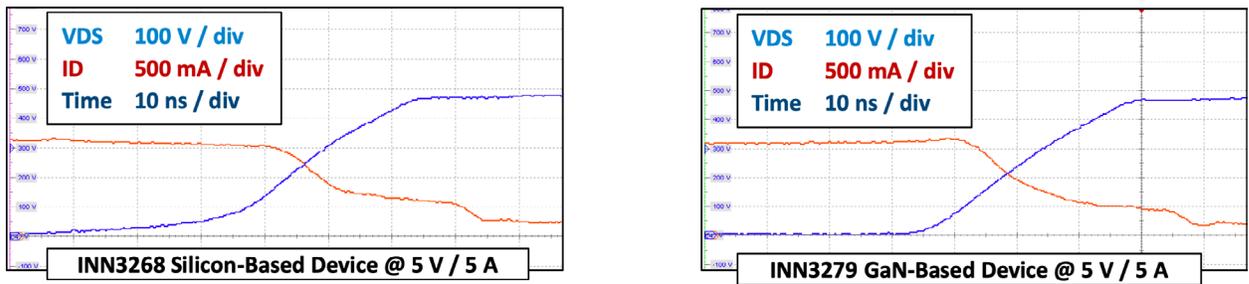


Figure 3(d) High Line CCM Turn-off V_{IN} : 370 VDC

图3 通过比较PowiGaN和硅InnoSwitch3器件在开关期间的漏源极电压波形，表明氮化镓器件和硅器件之间可实现平滑切换。请注意，两者的波形实际上是相同的 – 基于硅和PowiGaN的器件可以使用相同的电路。

从图3(c)可以看出，PowiGaN开关具有更快的开通特性。同时其开关斜率是相同的，因而具有相似的EMI特征。

与常规的硅基技术相比，更低的 $R_{DS(on)(MAX)}$ 和开关损耗可以提高效率。与其他InnoSwitch3器件一样，基于PowiGaN的设计的效率在整个输入电压和负载范围内都保持恒定。这使得它们特别适合于对平均效率有较高要求以及可变输出电压设计（USB PD和PPS）的应用。

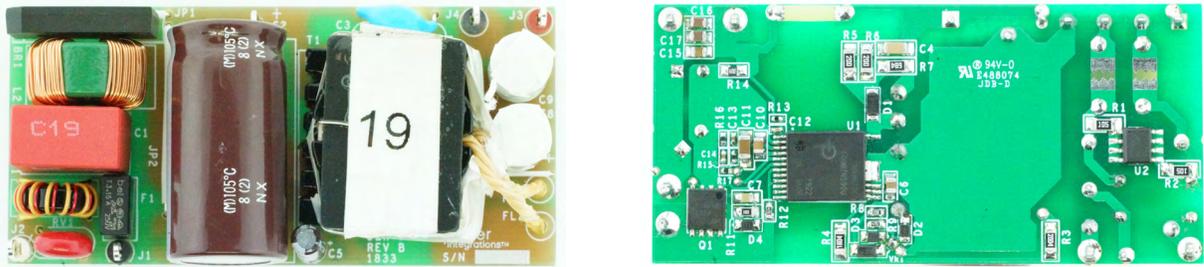
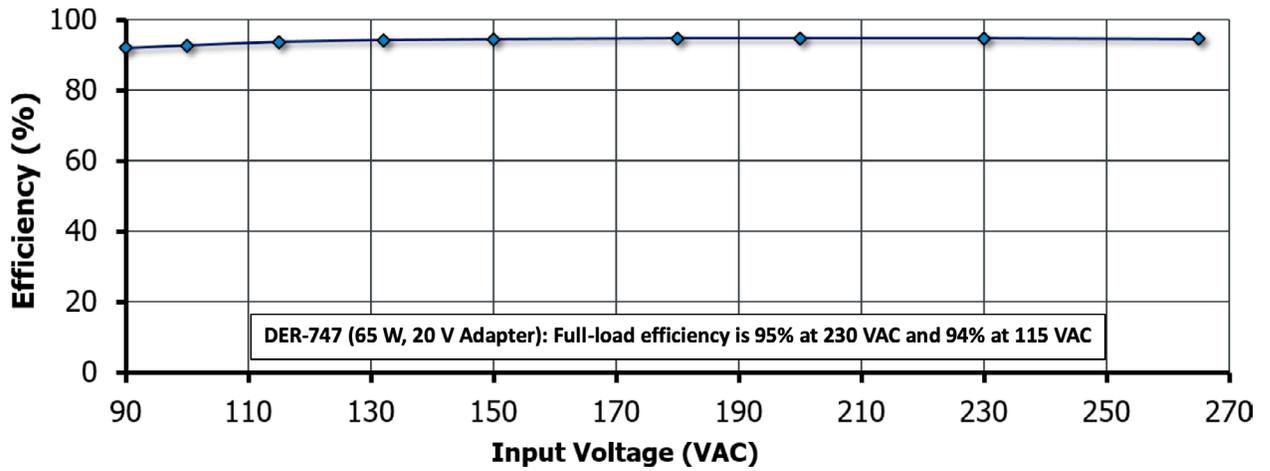


图4 在各种输入电压条件下具有一致的高满载效率性能，可使InnoSwitch3设计省去散热片，从而确保变换器的尺寸最小 - 本示例为DER-747，它是使用InnoSwitch3-EP INN3679C的65 W适配器。

在USB PD类型的应用中，需要适应多个输出电压选项，这限制了变压器的优化并降低了效率。尽管如此，使用PowiGaN开关的InnoSwitch3器件仍可在各种负载条件下实现高效率，进而省去快速充电器设计当中的散热片。

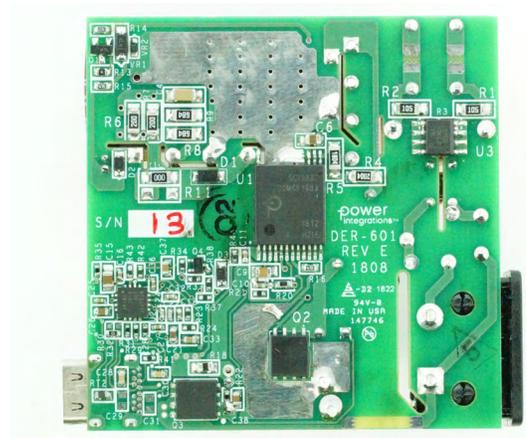
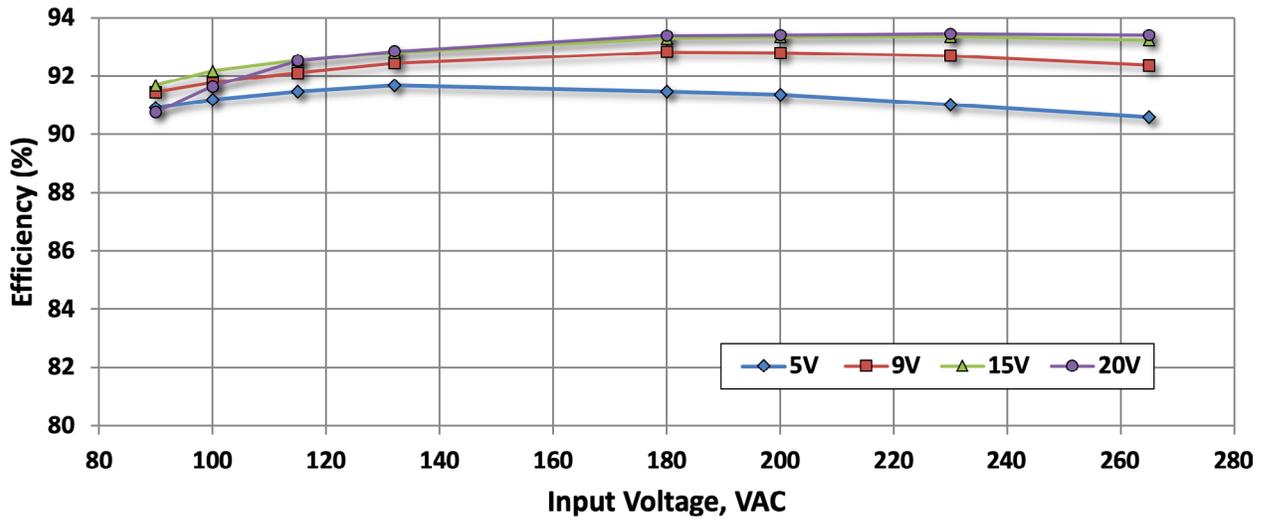


图5 DER-601 - 在各种负载条件下均提供高效率的60 W宽范围输入USB PD充电器 (5 V - 20 V输出)。使用InnoSwitch3-CP INN3279C-H215的60 W适配器设计 - 无需散热片。



图 6 DER-805 – 无需散热片的100 W宽范围输入USB PD + PPS充电器（5 V – 20 V输出）。使用InnoSwitch3-Pro INN3370C-H302设计而成。

具有PowiGaN开关的PI产品系列

Power Integrations使用智能编号系统来描述一个器件系列内的元件。在下面列出的产品系列中，元件型号以9或0结尾的元件都采用了基于PowiGaN的开关。元件型号以78结尾的器件也采用了PowiGaN开关。以68结尾的器件是 $V_{DS(MAX)}$ 额定电压为650 V的硅基器件。

产品系列	应用	典型应用
InnoSwitch3-CP INN3278C-HXXX INN3279C-HXXX INN3270C-HXXX	恒功率和恒压/恒流	充电器/适配器、物联网、 USB PD充电器
InnoSwitch3-EP INN3678-HXXX INN3679C-H60X INN3670C-H60X	敞开式应用和适配器恒压/恒流	家电、工业控制、电机、智能电表、 通用适配器
InnoSwitch3-Pro INN3678C-HXXX INN3379C-H302 INN3370C-H302	数字控制恒压/恒流	USB PD充电器、数字控制电源
LYTSwitch-6 LYT6078C LYT6079C LYT6070C	恒流/恒压照明	镇流器和LED驱动器

表 1 具有氮化镓开关的产品系列。8号器件将于2019年第四季度开始供货。请联系PI代表处以了解更多信息和订购样品。

PowiGaN器件 – 稳定可靠

PowiGaN器件专门设计用于在离线反激式功率转换中常用的电压水平下工作。它们与Power Integrations的常规硅产品在同一工厂生产，并经过广泛的合格性测试，以确保在功率转换电路中可靠工作。除了下面列出的合格性测试外，Power Integrations的开关电源IC还在实际电源设计中经过了广泛、长期的测试，使得我们所有产品的现场故障率均低于0.2 PPM。

	测试描述	符号	测试方法	InnoSwitch3	InnoSwitch3 (GaN)
晶圆工艺	预处理和湿敏等级	PC	JESD22-A113	MSL3	MSL3
			JEDEC J-STD-020		
	温湿度偏差	THB	多单位, 多批次	多单位, 多批次	多单位, 多批次
	温度循环	TC			
	高温存储寿命	HTSL			
动态使用寿命	DOPL				
晶圆和封装	高加速寿命试验	HALT			
	高温反向偏差	HTRB			
包装工艺	预处理	PC	多单位, 多批次	多单位, 多批次	多单位, 多批次
	湿敏等级	PC			
	温湿度偏差	THB			
	温度循环	TC			
	高温存储寿命	HTSL			

表2 严格的InnoSwitch3 GaN元件合格性测试可确保电源可靠工作

除了用于所有PI器件的标准合格性测试之外，基于PowiGaN的产品认证还包括其他DOPL和HALT测试，以确认这些器件在最坏情况（实际）条件下具有更强的耐久性。作为PowiGaN开发过程的一部分，我们已经创建了独特且专有的晶圆级、裸片级和最终测试级氮化镓专用筛选测试，以确保器件的一致性和可靠性。



图7 用于PowiGaN InnoSwitch3器件合格性测试的DOPL应力测试板

PI开关电源器件可以在全球离线式功率转换应用中时常遇到的变化很大的不同市电电压下工作。反激式电源中初级开关的电压应力是整流输入电压(V_{BUS})、输出反射电压(V_{OR}) – 输出通过功率变压器的圈数比反射至初级的电压以及由变压器初级绕组漏感产生的电压(V_{LE})的总和。在典型的反激式设计中, 正常工作时的最差情况电压应力发生于最大输入电压(欧洲电力系统为264 VAC)下。图8所示为相对于PowiGaN初级开关的额定电压值, 漏极电压不同电压组成成分量的近似电压数值。

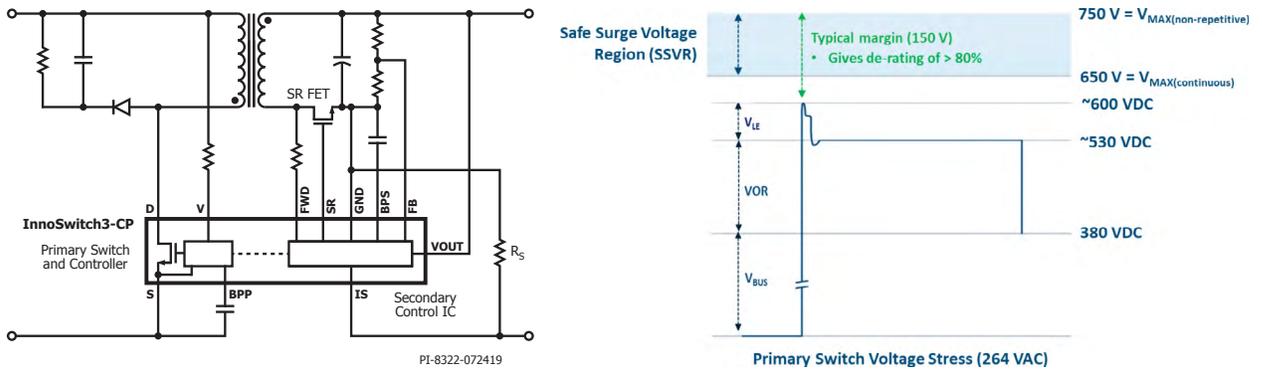


图 8 在264 VAC下工作的离线反激式电源的初级开关的电压应力。VOR取决于输出电压(V_s)和变压器设计(有关更多信息, 请参见相应的数据表并遵循PI Expert设计软件套件中提供的指南)。所有的InnoSwitch3产品系列和LYTSwitch-6器件都通过V引脚监控总线电压, 并在输入浪涌发生期间中止开关操作以消除VOR和 V_{LE} 电压应力分量。

连接到市电的电源也可能会遭遇输入浪涌和电压骤升, 为解决此问题, 我们为PowiGaN开关提供了两个电压额定值, 从而使电源工程师能够针对实际应用优化电源设计。 $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 额定值(750 V)是指瞬态、电压骤升和浪涌期间的最大耐压。基于PowiGaN的元件已在超过 $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 限值的电压下100%进行生产测试, 以确保工作可靠性。该参数用于电源设计中的降额目的, 其方式与使用传统MOSFET的“abs-max”BVDss额定值相同。最大连续电压($V_{MAX(CONTINUOUS)}$)参数是指可连续施加到氮化镓开关的应力。对于PowiGaN器件, 该数值为650 V。器件在该限值以上工作时不会受损, 但是反复暴露于较高电压下可能会导致 $R_{DS(ON)}$ 暂时偏移, 超出数据手册中规定的限值。InnoSwitch产品具有快速输入过压保护特性 – 如果输入电压超过用户定义的限值, 它们将停止开关以保护自己, 从而确保瞬态期间所有最大电压额定值750 V都可用。

基于PowiGaN的InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro和LYTSwitch-6所采用的技术十分有效、可靠且易于使用。作为功率半导体的材料，氮化镓使器件的性能比当前常用的硅更接近“理想开关”。基于PowiGaN的器件可提供出色的性能表现，因此该技术将在PI产品系列中不断得到应用。

此报告会定期更新，但可以在PI网站(www.power.com/GaN)上检查最新更新。

全球销售支持网络

全球总部

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138 USA

Phone +1 408 414 9200

Fax +1 408 414 9201

Customer Service

Phone +1 408 414 9520

Email usasales@power.com

美国 - 东部

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225
Suwanee, GA 30024 USA

Phone +1 678 957 0724

Email usasales@power.com

美国 - 中部

3100 Dundee Road, Suite 204
Northbrook, IL 60062 USA

Phone +1 847 721 6293

Email usasales@power.com

中国 (上海)

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
1601-1603室
上海 | 中国, 200030

电话 +86 021 6354 6323

电子邮件 chinasales@power.com

中国 (深圳)

南山区科技南八路二号
豪威科技大厦17层
深圳 | 中国, 518057

电话 +86 755 8672 8689

电子邮件 chinasales@power.com

德国 (AC-DC/LED业务销售)

Einsteinring 24
85609 Dornach / Aschheim
Germany

Phone +49 89 5527 39100

Email eurosales@power.com

德国 (门极驱动器销售)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany

Phone +49 29 3864 39990

Email gate-drivers.sales@power.com

印度 (班加罗尔)

Bangalore 560052 India

Phone 1 +91 80 4113 8020

Phone 2 +91 80 4113 8028

Email indiasales@power.com

印度 (孟买)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B
Sakinaka, Andheri Kurla Road
Mumbai-400072, Maharashtra, India

Phone 1 +91 22 4003 3700

Phone 2 +91 22 4003 3600

Email indiasales@power.com

印度 (新德里)

#45, Top Floor
Okhla Industrial Area, Phase-III
New Delhi, India
Pin-110020

Phone 1 +91 11 4055 2351

Phone 2 +91 11 4055 2353

Email indiasales@power.com

意大利

Via Milanese 20
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Italy

Phone +39 02 4550 8708

Email eurosales@power.com

日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Building
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa
Japan 222-0033

Phone +81 45 471 1021

Email japansales@power.com

韩国

Room 602, 6th Floor, #22
Teheran-ro 87-gil, Gangnam-gu
Seoul 06164, Korea

Phone +82 2 2016 6610

Email koreasales@power.com

新加坡

51 Newton Road
#20-01/03 Goldhill Plaza
Singapore 308900

Phone +65 6358 2160

Customer Service

Phone +65 6356 4480

Email singaporesales@power.com

瑞士

Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel/Bienne, Switzerland

Phone +41 32 344 47 47

Email gate-drivers.sales@power.com

中国台湾

5F, #318, NeiHu Road, Section 1
Neihu District
Taipei, Taiwan 114, ROC

Phone +886 2 26594570

Email taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

Phone +44 7823 557484

Email eurosales@power.com



Power Integrations、Power Integrations徽标、BridgeSwitch、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、FluxLink、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、InnoMux、InnoSwitch、Innovation in Power Conversion、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3、SCALE-iDriver和SCALE-iFlex均为Power Integrations, Inc.的商标。其他商标归各自公司所有。©2019, Power Integrations, Inc.