

氮化镓(GaN)接替硅，支持高效、高频电源设计

作者：安森美半导体策略营销总监Yong Ang

在所有电力电子应用中，功率密度是关键指标之一，这主要由更高效率和更高开关频率驱动。随着基于硅的技术接近其发展极限，设计工程师现在正寻求宽禁带技术如氮化镓（GaN）来提供方案。

对于新技术而言，GaN本质上比其将取代的技术（硅）成本低。GaN器件与硅器件是在同一工厂用相同的制造程序生产出。因此，由于GaN器件小于等效硅器件，因此每个晶片可以生产更多的器件，从而降低了每个晶片的成本。

GaN有许多性能优势，包括远高于硅的电子迁移率（3.4eV对比1.1eV），这使其具有比硅高1000倍的电子传导效率的潜力。值得注意的是，GaN的门极电荷（QG）较低，并且由于必须在每个开关周期内对其进行补充，因此GaN能够以高达1 MHz的频率工作，效率不会降低，而硅则难以达到100 kHz以上。此外，与硅不同，GaN没有体二极管，其在AlGaIn / GaN边界表面的2DEG可以沿相反方向传导电流（称为“第三象限”操作）。因此，GaN没有反向恢复电荷（QRR），使其非常适合硬开关应用。

GaN确实具有有限的雪崩能力，并且比硅更容易受到过电压的影响，因此极其适用于漏-源电压（VDS）钳位在轨电压的半桥拓扑。无体二极管使GaN成为硬开关图腾柱功率因数校正（PFC）的很好的选择，并且GaN也非常适用于零电压开关（ZVS）应用，包括谐振LLC和有源钳位反激。

45 W至65 W功率水平的快速充电适配器将得益于基于GaN的有源钳位反激，而基于LLC的GaN用于150 W至300 W的高端笔记本电脑电源适配器中，例如用于游戏的笔记本电脑。

在这些应用中，使用GaN技术可使功率密度增加一倍，从而使适配器更小、更轻。特别地，相关的磁性元器件能够减小尺寸。例如，电源变压器内核的尺寸可从RM10减小为RM8的薄型或平面设计。因此，在许多应用中，功率密度增加了一倍甚至三倍，达30 W / in³。



图1：GaN经优化实现快速开关

在更高功率的应用中，例如为服务器、云和电信系统供电的电源，尤其是基于图腾柱PFC的电源，采用GaN可使能效超过99%。这使这些系统能够满足最重要的（和严格的）能效标准，如80+ titanium。

驱动GaN器件的方法对于保护相对敏感的栅极氧化物至关重要。在器件导通期间提供精确调节的门极驱动幅值尤为重要。实现此目的的一种方法是添加低压降稳压器（LDO）到现有的硅MOSFET门极驱动器中。但这会损害门极驱动性能，因此，最好使用驱动GaN的专用半桥驱动器。

更具体地说，硅MOSFET驱动器的典型传输延迟时间约为100 ns，这不适合驱动速度在500 kHz到1 MHz之间的GaN器件。对于此类速度，理想情况下，传输延迟应不超过50 ns。

由于电容较低，因此在GaN器件的漏极和源极之间有高电压转换率。这可能导致器件过早失效甚至发生灾难性故障，尤其是在大功率应用中。为避免这种情况，必须有高的dv / dt抗扰度（在100 V / ns的范围内）。

PCB会对GaN设计的性能产生实质性影响，因此经常使用RF型布局中常用的技术。我们还建议对门极驱动器使用低电感封装（如PQFN）。

安森美半导体的NCP51820是业界首款半桥门极驱动器，专门设计用于GaN技术。它具有调节的5.2 V门极驱动，典型的传输延迟仅为25 ns。它具有高达200 V / ns的dv / dt抗扰度，采用低电感PQFN封装。



图2：NCP51820高性能、650 V半桥门极驱动器用于GaN电源开关

最初采用GaN技术并增长的将是如低功率快速充电USB PD电源适配器和游戏类笔记本电脑高功率适配器等应用。这主要归因于有控制器和驱动器可支持需要高开关频率的这些应用，从而缩短了设计周期。随着合适的驱动器、控制器和模块方案可用于服务器、云和电信等更高功率的应用，那么GaN也将被采用。