

# iCoupler技术为AC/DC设计中的氮化镓(GaN)晶体管带来诸多优势

Robbins Ren, 现场应用工程师

大规模数据中心、企业服务器或电信交换站使得功耗快速增长，因此高效AC/DC电源对于电信和数据通信基础设施的发展至关重要。但是，电力电子行业中的硅MOSFET已达到其理论极限。同时，近来氮化镓(GaN)晶体管已成为能够取代硅基MOSFET的高性能开关，从而可提高能源转换效率和密度。为了发挥GaN晶体的优势，需要一种具有新规格要求的新隔离方案。

GaN晶体管的开关速度比硅MOSFET要快得多，并可降低开关损耗，原因在于：

- ▶ 栅极电容和输出电容更低。
- ▶ 较低的漏源极导通电阻( $R_{DS(ON)}$ )可实现更高的电流操作，从而降低了传导损耗。
- ▶ 无需体二极管，因此反向恢复电荷( $Q_{RR}$ )低或为零。

GaN晶体管支持大多数包含单独功率因数校正(PFC)和DC-DC部分的AC/DC电源：前端、无电桥PFC以及其后的LLC谐振转换器（两个电感和一个电容）。此拓扑完全依赖于图1所示的半桥和全桥电路。

如果将数字信号处理器(DSP)作为主控制器，并用GaN晶体管替换硅MOSFET，就需要一种新的隔离技术来处理更高的开关频率。这主要包括隔离式GaN驱动器。

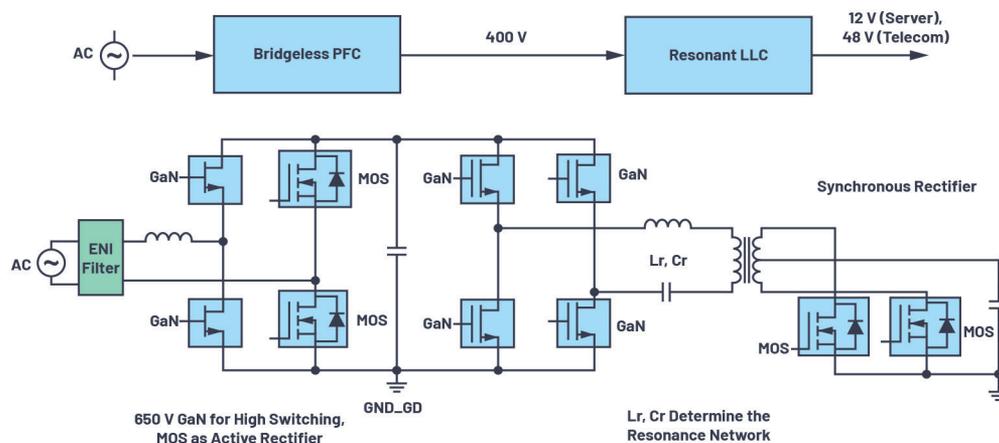


图1. 适合电信和服务器应用的典型AC/DC电源。

## 典型隔离解决方案和要求

### UART通信隔离

从以前的模拟控制系统转变为DSP控制系统时，需要将脉宽调制(PWM)信号与其他控制信号隔离开来。双通道ADuM121可用于DSP之间的UART通信。为了尽量减小隔离所需系统的总体尺寸，进行电路板组装时使用了环氧树脂密封胶。小尺寸和高功率密度在AC/DC电源的发展过程中至关重要。市场需要小封装隔离器产品。

### PFC部分隔离

与使用MOS相比，使用GaN时，传输延迟/偏斜、负偏压/箝位和ISO栅极驱动器尺寸非常重要。为了使用GaN驱动半桥或全桥晶体管，PFC部分可使用单通道驱动器ADuM3123，LLC部分则使用双通道驱动器ADuM4223。

### 为隔离栅后的器件供电

ADI公司的isoPower®技术专为跨越隔离栅传输功率而设计，ADuM5020紧凑型芯片解决方案采用该技术，能够使GaN晶体管的辅助电源与栅极的辅助电源相匹配。

## 隔离要求

为了充分利用GaN晶体管，要求隔离栅极驱动器最好具有以下特性：

- ▶ 最大允许栅电压<7 V
- ▶ 开关节点下 $dv/dt > 100 \text{ kV/ms}$ ，CMTI为 $100 \text{ kV}/\mu\text{s}$ 至 $200 \text{ kV}/\mu\text{s}$
- ▶ 对于650 V应用，高低开关延迟匹配 $\leq 50 \text{ ns}$
- ▶ 用于关断的负电压箝位(-3 V)

有几种解决方案可同时驱动半桥晶体管的高端和低端。关于传统的电平转换高压驱动器有一个传说，就是最简单的单芯片方案仅广泛用于硅基MOSFET。在一些高端产品（例如，服务器电源）中，使用ADuM4223双通道隔离驱动器来驱动MOS，以实现紧凑型设计。但是采用GaN时，电平转换解决方案存在一些缺点，如传输延迟很大，共模瞬变抗扰度(CMTI)有限，用于高开关频率的效果也不是很理想。与单通道驱动器相比，双通道隔离驱动器缺少布局灵活性。同时，也很难配置负偏压。表1对这些方法做了比较。

表1. 驱动GaN半桥晶体管不同方法的比较

解决方案	技术	优点	挑战	ADI产品
集成高端和低端驱动器	电平转换	最简单的单芯片解决方案	大延迟时间、有限的CMTI、外部自举电路	
双通道隔离集成驱动器	磁性	单芯片解决方案	牺牲布局灵活性、需要时间给自举电容充电	ADuM4223
单通道隔离驱动器	磁性	易于布局、高CMTI、低传输延迟/偏斜	需要外部辅助电源	ADuM3123、ADuM4121
隔离器和isoPower	磁性	布局灵活、负偏压配置简单、无自举电路	成本高、EMI问题	ADuM110+、ADuM5020

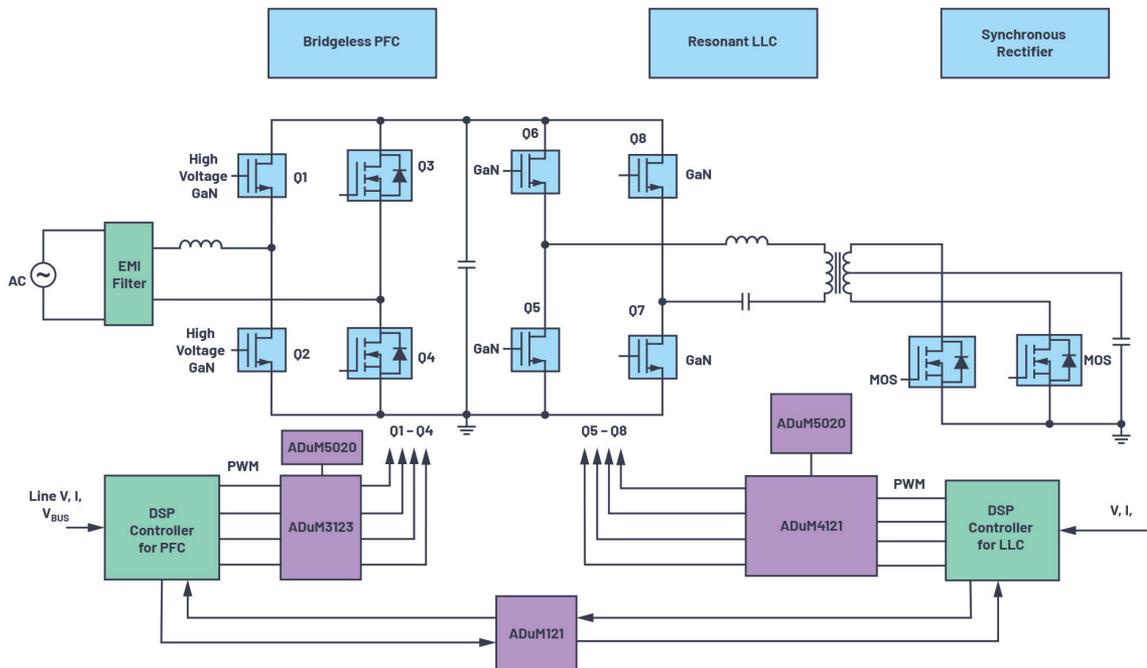


图2. 在isoPower器件中实现UART隔离和PFC部分隔离，需要采用ISO技术及其要求。

对于GaN晶体管，可使用单通道驱动器。ADuM3123是典型的单通道驱动器，可使用齐纳二极管和分立电路提供外部电源来提供负偏压（可选），如图3所示。

### 新趋势：定制的隔离式GaN模块

目前，GaN器件通常与驱动器分开封装。这是因为GaN开关和隔离驱动器的制造工艺不同。未来，将GaN晶体管和隔离栅驱动器

集成到同一封装中将会减少寄生电感，从而进一步增强开关性能。一些主要的电信供应商计划自行封装GaN系统，构建单独的定制模块。从长远来看，用于GaN系统的驱动器也许能够集成到更小的隔离器模块中。如图4所示，ADuM110N等微型单通道驱动器（低传输延迟、高频率）和isoPower ADuM5020设计简单，可支持这一应用趋势。

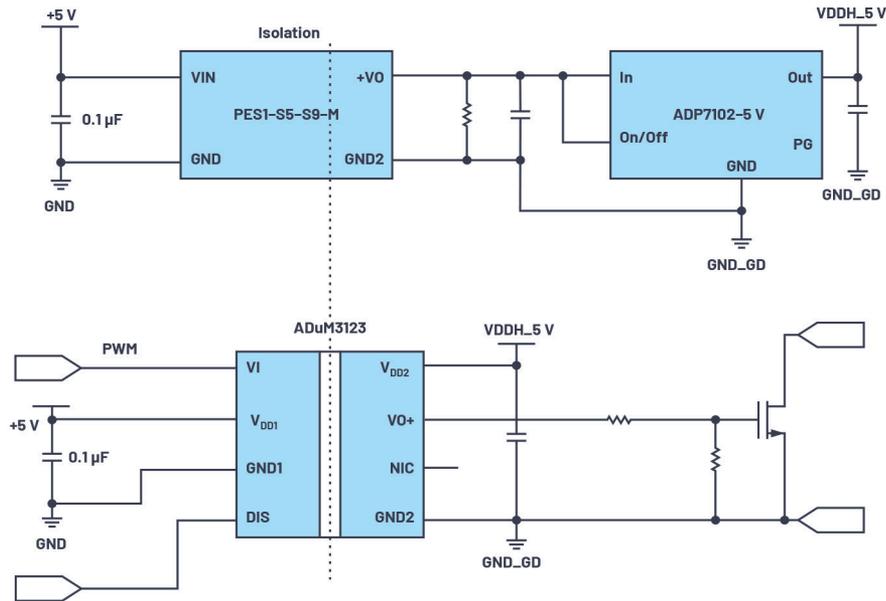


图3. 用于GaN晶体管的单通道、隔离式isoCoupler驱动器。

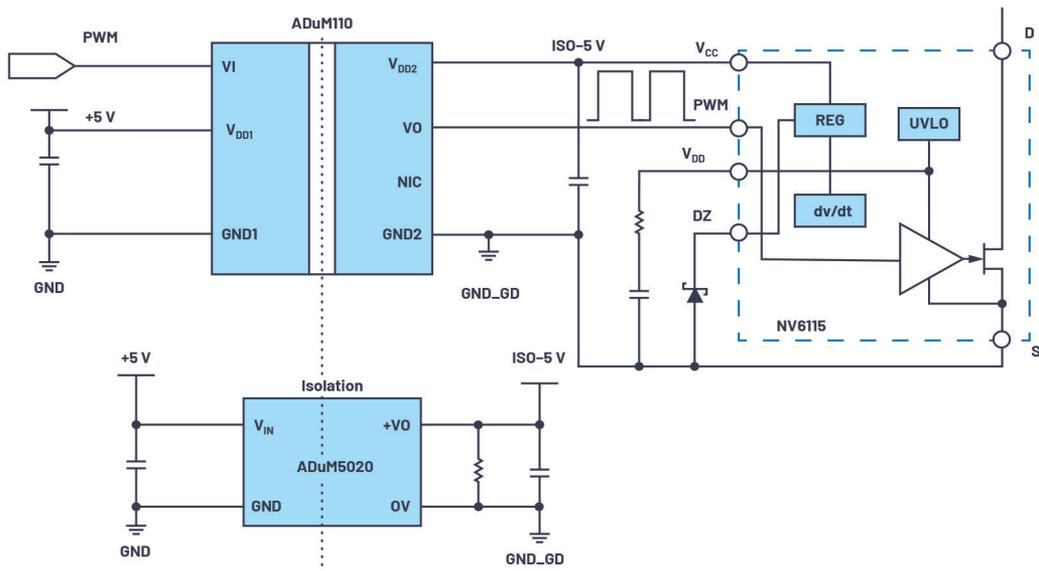


图4. iCoupler ADuM110N和isoPower ADuM5020非常适合Navitas GaN模块应用。

## 结论

与传统硅基MOSFET相比， GaN晶体管具有更小的器件尺寸、更低的导通电阻和更高的工作频率等诸多优点。采用GaN技术可缩小解决方案的总体尺寸，且不影响效率。GaN器件具有广阔的应用前景，特别是在中高电压电源应用中。采用ADI公司的iCoupler®技术驱动新兴GaN开关和晶体管能够带来出色的效益。

## 参考资料

Bismuth、Alain。“针对数据中心能源效率即将到来的硬件革命。” GaN Systems, Inc., 2020年4月。

“EiceDRIVER 1EDF5673K和1EDS5663H。” Infineon Technologies AG, 2018年5月。

“GNO01应用简报：如何驱动GaN增强模式HEMT。” GaN Systems, Inc., 2016年4月。

Oliver、Stephen。“GaN功率IC：通过集成提升性能。” 慕尼黑Bodo功率会议。Navitas, 2017年12月。

## 作者简介

Robbins Ren是中国深圳的一名现场应用工程师。Robbins于2010年加入ADI公司，负责中国通信客户的电源和iCoupler产品支持。他获得了华南理工大学电力电子硕士学位。联系方式：[robbins.ren@analog.com](mailto:robbins.ren@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](http://ez.analog.com/cn)



超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问[analog.com/cn/contact](http://analog.com/cn/contact)。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)。

©2020 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA22256sc-5/20



请访问[analog.com/cn](http://analog.com/cn)