



GN010 应用手册

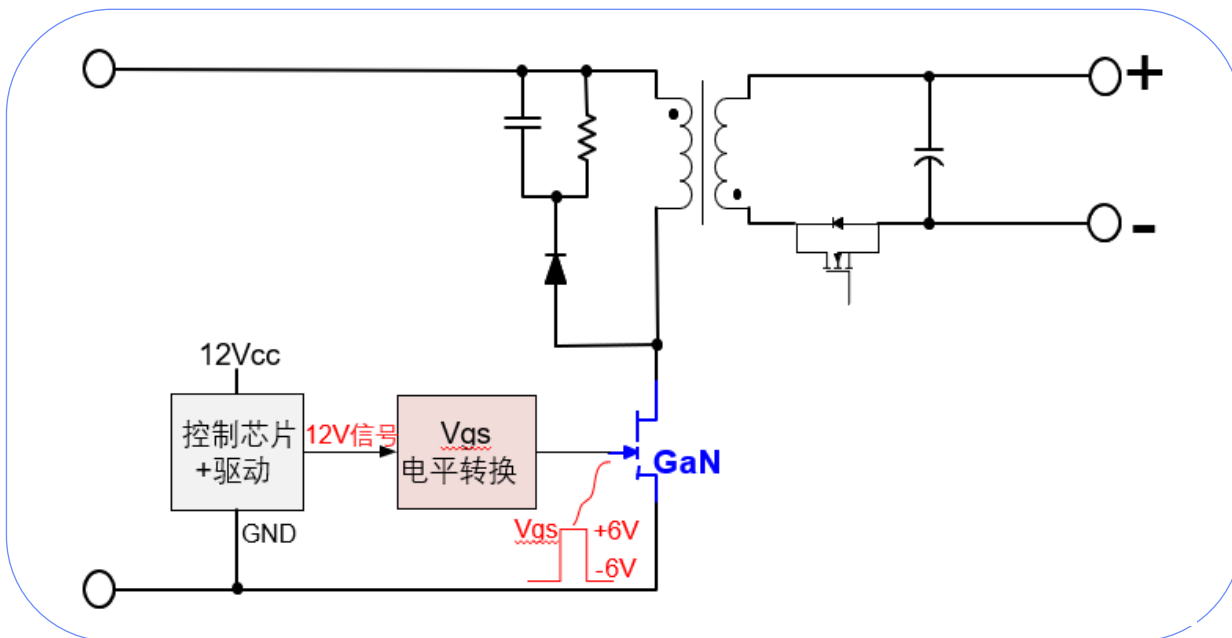
GaN Systems EZDrive® 驱动方案

2022年03月

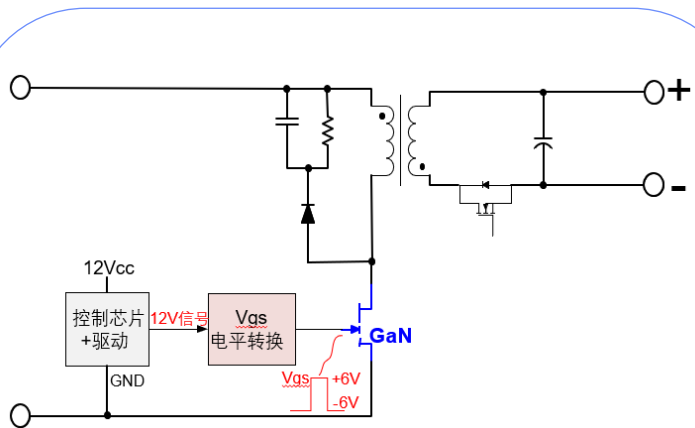
GaN Systems Inc.



- 背景介绍
- 两种GaN驱动方案的比较：“分立”还是“集成”
- GaN Systems的方案: EZDrive电路
- EZDrive实验验证
- 总结



- 带驱动的控制芯片输出12V驱动电压
- GaN器件需要+6V门极电压开通
- 需要额外的Vgs 电平转换

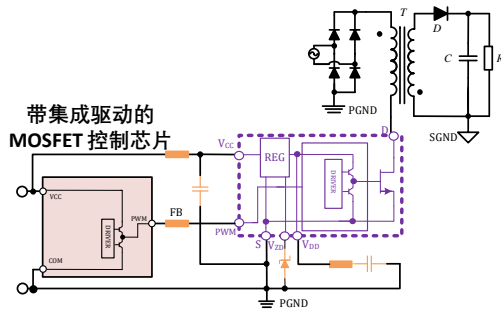


- 带驱动的控制芯片输出12V驱动电压
- GaN器件需要+6V门极电压开通
- 需要额外的Vgs 电平转换

集成

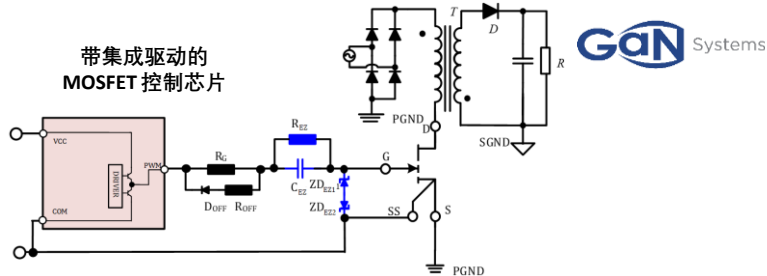
分立

单片集成驱动的GaN方案



- 内部稳压器将12V/0V 转换为 +6V/0V

GaN Systems GaN + EZDrive 驱动电路

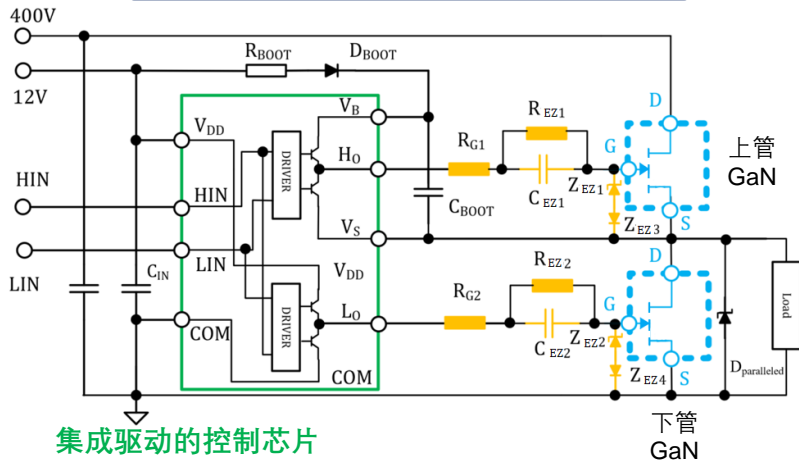


- 电平转换电路^[1]将12V/0V 转换为 +6V/-6V

- 背景简介
- 两种GaN驱动方案的比较：“分立”还是“集成”
- GaN Systems的方案: EZDrive电路
- EZDrive实验验证
- 总结

GaN “分立驱动”对比“集成驱动”

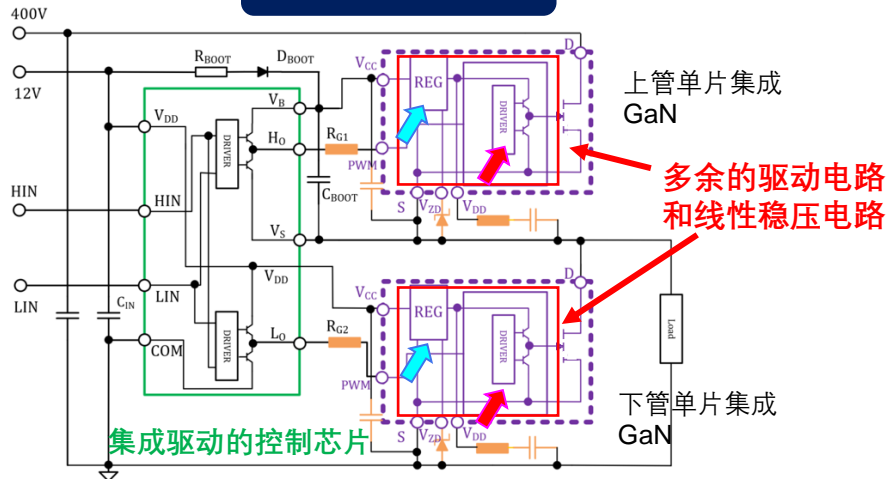
GaN Systems EZDrive 方案



最少的电路模块+标准元器件
(低成本:相同数量的无源元件,无需额外驱动)

GaN器件开通关断速度可控, 负压关断
(可优化EMI和效率)

单片集成方案



集成芯片 = 2个额外的驱动 + 2个额外的线性稳压电路
(更高的成本和复杂度)

仅能控制GaN器件开通速度
(不利于性能优化)



GaN Systems器件



高压半桥自举控制芯片/驱动芯片



外围电路元件

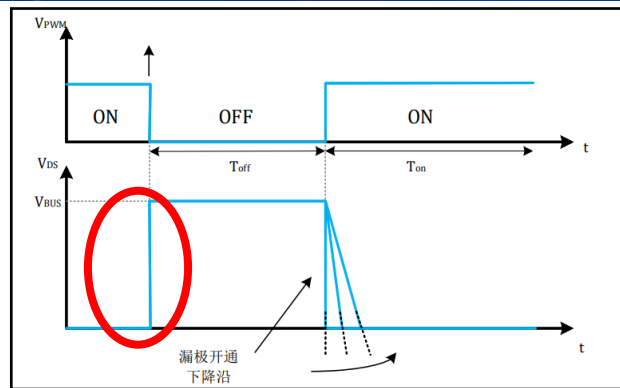
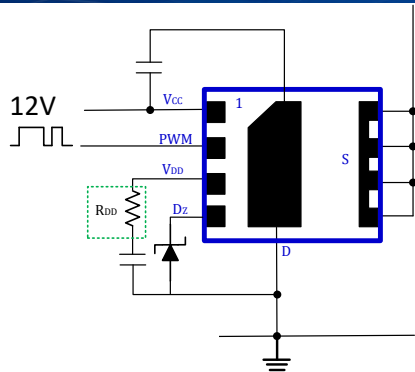


集成驱动GaN

分立方案成本更低, 干扰更低, 效率更高

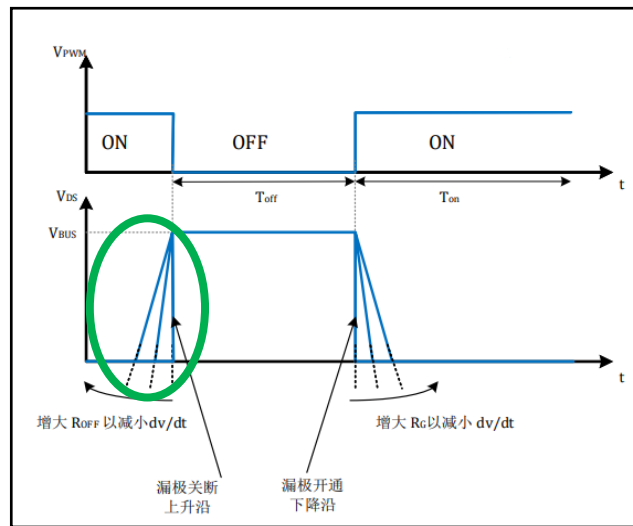
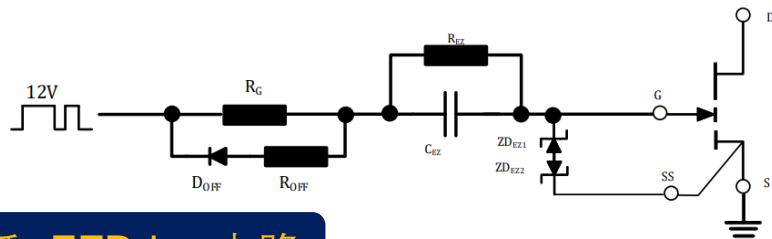
单片集成 GaN

- 漏极关断电压上升速度不可调整
- 设计灵活性受限



分立的 GaN 和 EZDrive 电路

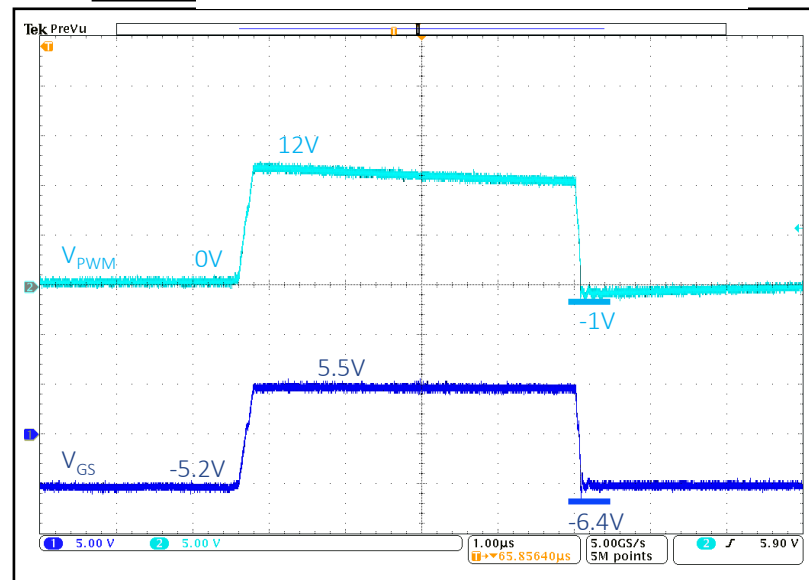
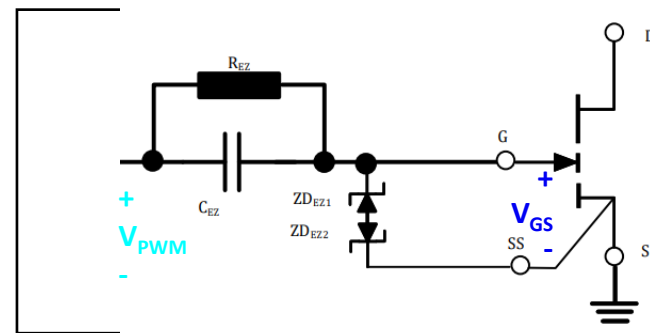
- 漏极关断电压上升和开通电压下降速度可调
- 有利于EMI和效率优化



- 背景简介
- 两种GaN驱动方案的比较：“分立”还是“集成”
- GaN Systems的方案: EZDrive电路
- EZDrive实验验证
- 总结

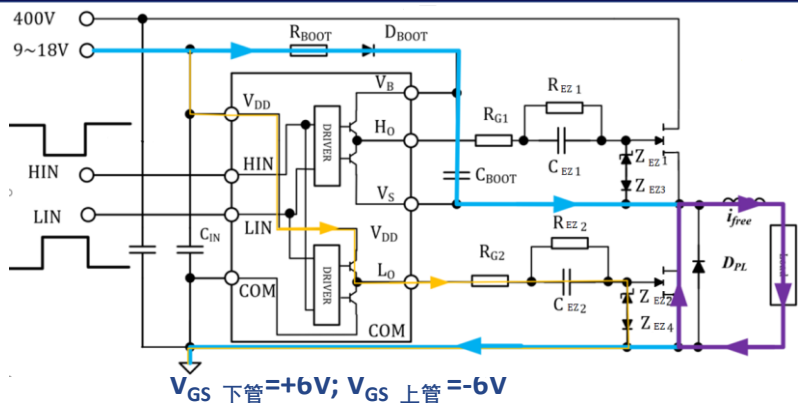
GaN Systems的**EZDrive**电路可经济简便地实现GaN器件驱动。

- 使12V 驱动芯片能够驱动+6V开通的GaN器件
- 由4个元器件构成电平转换电路
- 开通关断速率可由外部门电阻 R_g 控制，以减少EMI
- 可应用于任何功率等级，任何频率，以及任何标准控制/驱动芯片
- 可应用于任何具有单，双或上管/下管驱动的控制芯片

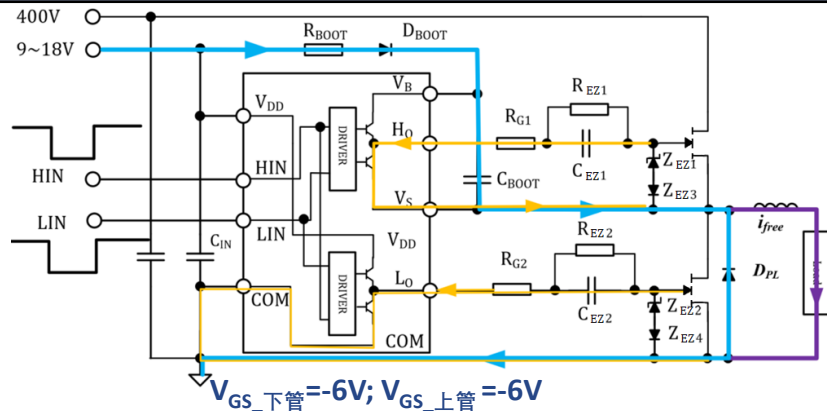


EZDrive的工作模式

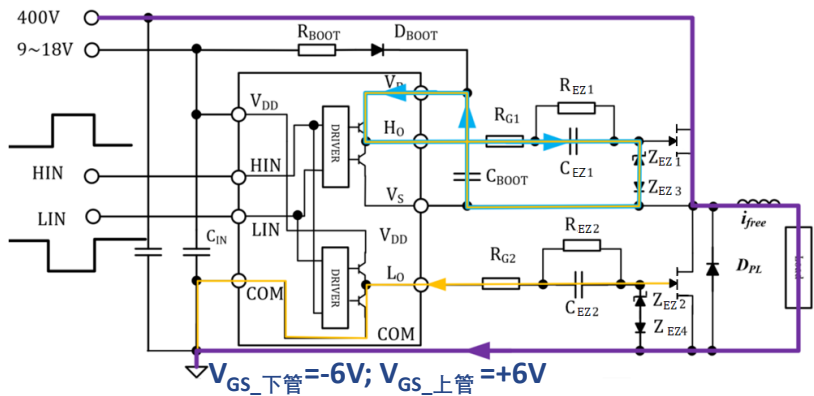
模式 1: C_{BOOT} 充电(上管GaN关断; 下管GaN开通)



模式 2: C_{BOOT} 充电(上管GaN关断; 下管GaN关断)



模式 3: C_{BOOT} 放电(上管GaN开通; 下管GaN关断)



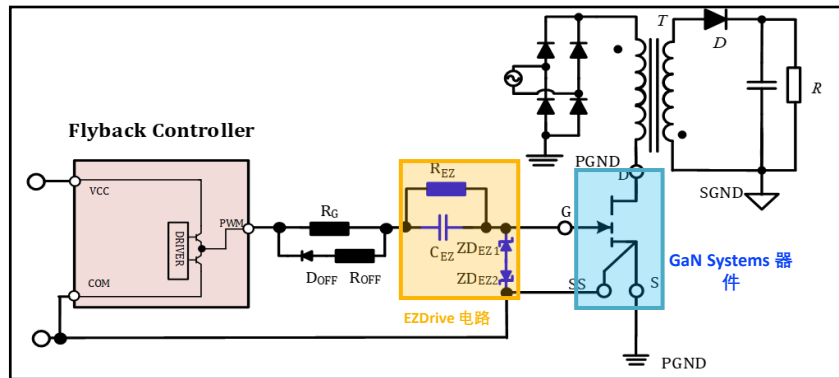
功率流向 →
 门极驱动电流 →
 C_{BOOT} 电流 →

- EZDrive的操作模式在半桥应用中类似于传统非隔离自举上管/下管驱动
- 允许较大的控制芯片工作电压范围: 9~18V

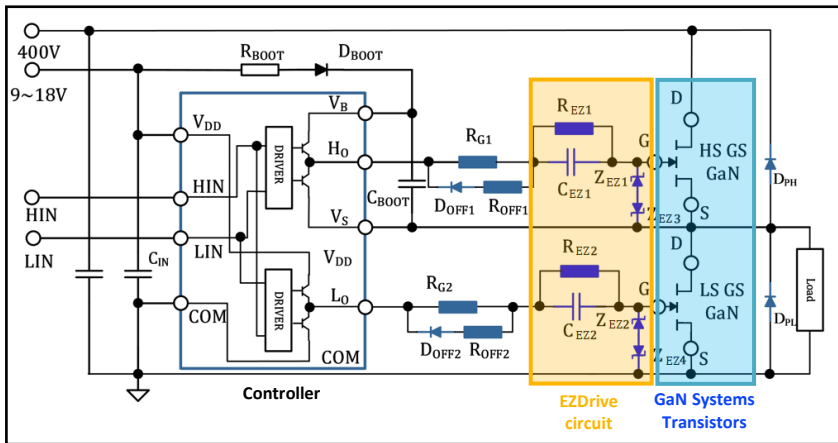
EZDrive的典型应用:

- 反激电路
- 半桥电路
- 升压 PFC电路

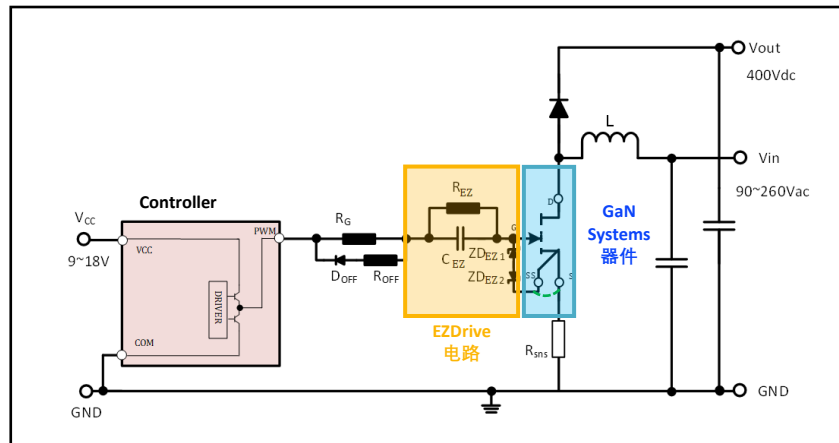
方案 = 分立GaN器件+ EZDrive电路 + 控制芯片



EZDrive 反激电路应用



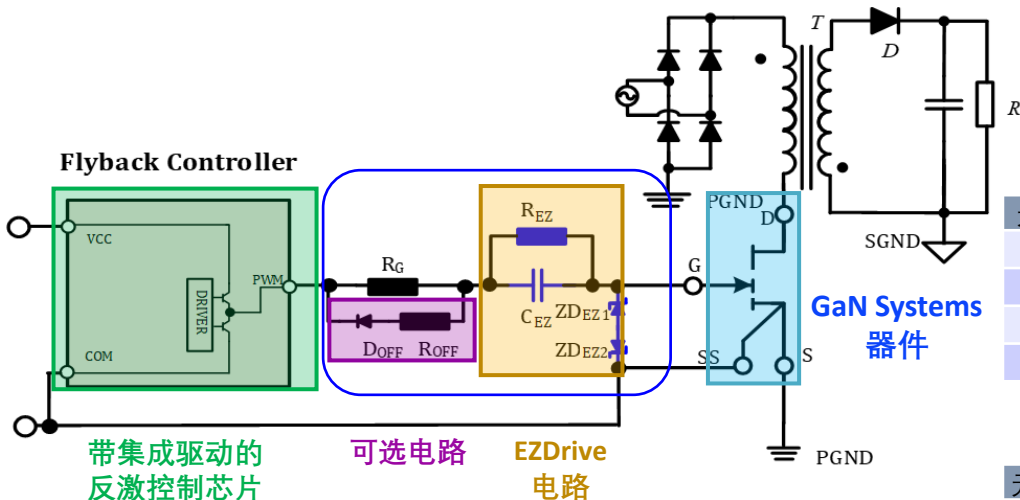
EZDrive 半桥电路应用



EZDrive 升压PFC电路应用

应用于反激变换器的 EZDrive 电路

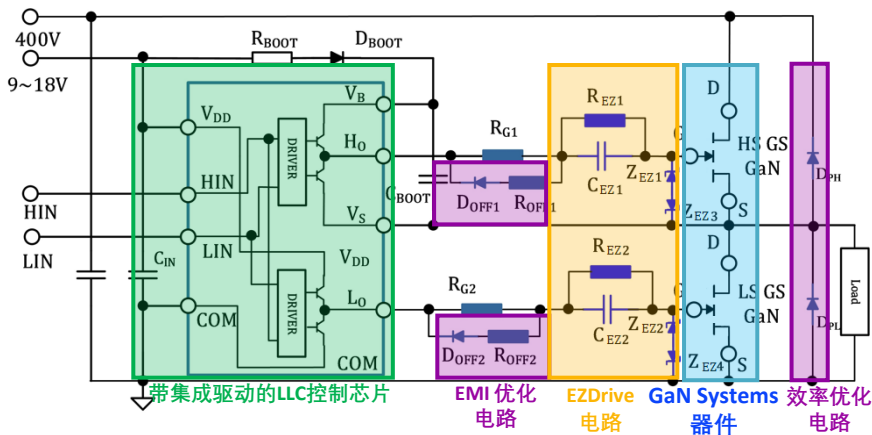
- 反激控制芯片的应用实例包括NCP1342和NCP1250
- 以下电路是EZDrive在反激电路里的典型应用，表格里提供了元器件的推荐值
 - 标有“可选电路”的部分与基于硅MOSFET的驱动电路设计类似，用于进一步优化效率和EMI。



EZDrive 电路			
元件	推荐值	封装	功能
R_{EZ}	~ 10 k Ω	0402 / 0603	开通后提供门极驱动供电路径
C_{EZ}	~ 47 nF	0402 / 0603	存储关断时所需的负压
Z_{EZ1}	5.6 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极正电压钳位
Z_{EZ2}	9.1 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极负电压钳位

效率和 EMI 优化电路 (可选)			
元件	推荐值	封装	功能
D_{OFF}	20V 二极管 1A	SOD923F / 0603	使关断速度可控
R_{OFF}	0 Ω	0402 / 0603	控制关断速度

- 使用半桥控制芯片的应用实例包括NCP1399 和 NCP13992
- 以下电路是EZDrive在半桥电路里的典型应用，表格里提供了元器件的推荐值
 - 标有“可选电路”的部分与基于硅MOSFET的驱动电路设计类似，用于进一步优化效率和EMI。



EZDrive 电路

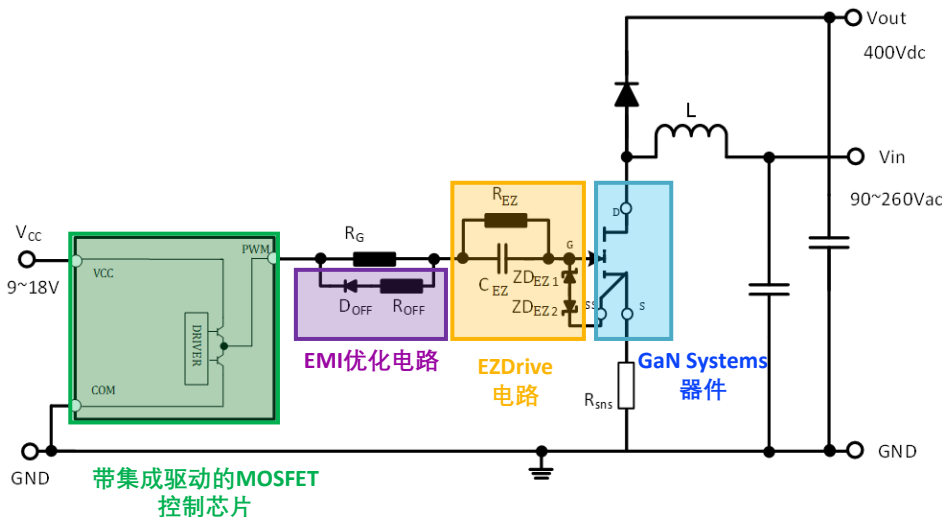
元件	推荐值	封装	功能
R_{EZ}	~ 10 k Ω	0402 / 0603	开通后提供门极驱动供电路径
C_{EZ}	~ 47 nF	0402 / 0603	存储关断时所需的负压
Z_{EZ1}	5.6 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极正电压钳位
Z_{EZ2}	9.1 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极负电压钳位

效率和 EMI 优化电路 (可选)

元件	推荐值	封装	功能
$D_{OFF1,2}$	20V 二极管 1A	SOD923F / 0603	使关断速度可控
$R_{OFF1,2}$	0 Ω	0402 / 0603	控制关断速度
D_{PL}	600V 二极管 1A	SOD123F / SMA	防止 C_{BOOT} 过度充电，减小下管死区损耗 (注释 1)
D_{PH}	600V FRD 1A	SOD123F / SMA	可选减小上管死区损耗 (注释 1)

注释1: 如果控制芯片可通过内部同步升压功能控制自举电压, D_{PH} 和 D_{PL} 则不必需

- 使用升压PFC控制芯片的应用实例包括NCP1616, NCP1615, 和 L6562A
- 以下电路是EZDrive在升压PFC电路里的典型应用，表格里提供了元器件的推荐值
 - 标有“可选电路”的部分与基于硅MOSFET的驱动电路设计类似，用于进一步优化效率和EMI。



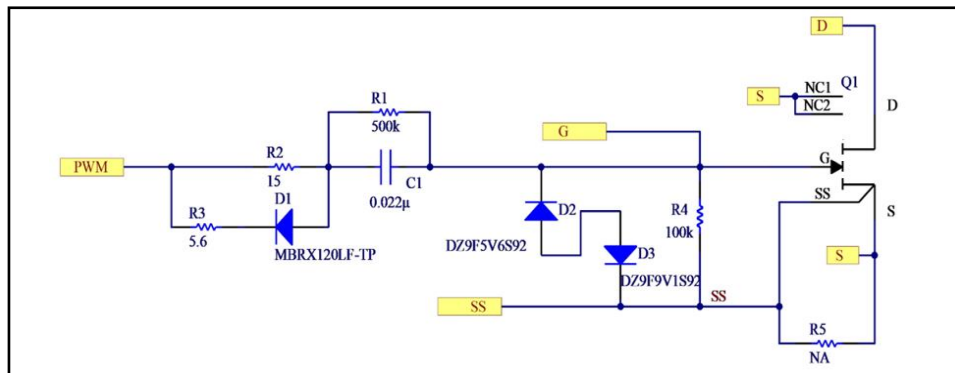
EZDrive 电路

元件	推荐值	封装	功能
R_{EZ}	~ 10 k Ω	0402 / 0603	GaN开通后提供门极驱动供电路径
C_{EZ}	~ 47 nF	0402 / 0603	存储关断时所需的负压
Z_{EZ1}	5.6 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极正电压钳位
Z_{EZ2}	9.1 V 齐纳管	SOD923F / 0603	门极负电压钳位

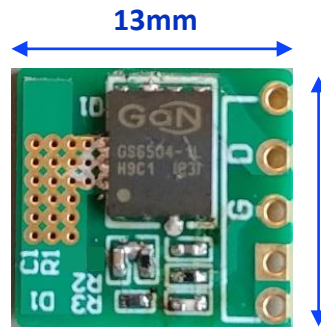
效率和 EMI 优化电路 (可选)

元件	推荐值	封装	功能
D_{OFF}	20V 二极管 1A	SOD923F / 0603	使关断速度可控
R_{OFF}	0 Ω	0402 / 0603	控制关断速度

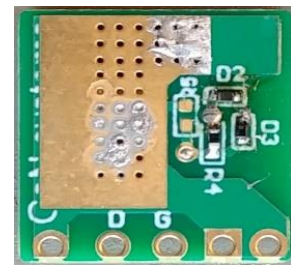
- 背景简介
- 两种GaN驱动方案的比较：“分立”还是“集成”
- GaN Systems的方案: EZDrive电路
- EZDrive实验验证
- 总结



带效率优化的反激 EZDrive 电路

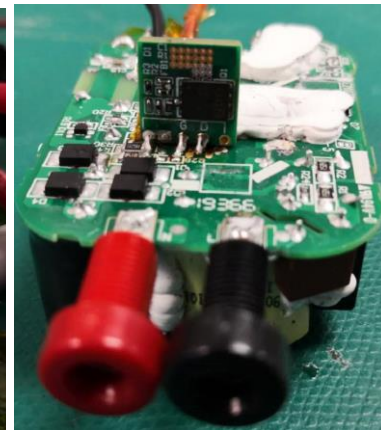
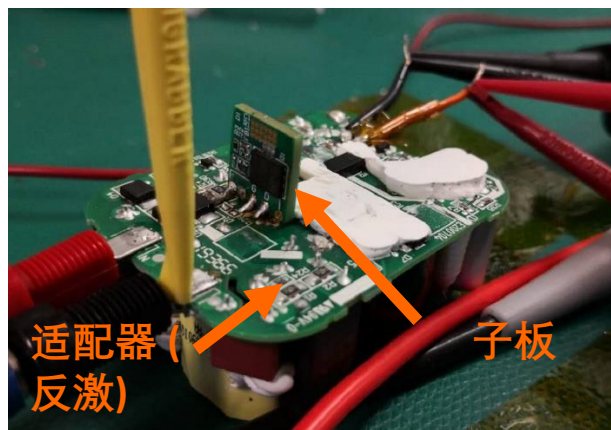


正面



背面

- 将GaN器件和EZDrive 电路设计在子板上
- 修改现成的适配器
- 焊入GaN + EZDrive 电路子板



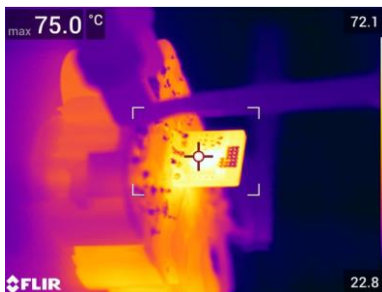
反激拓扑实验波形

温度分布@ 满载

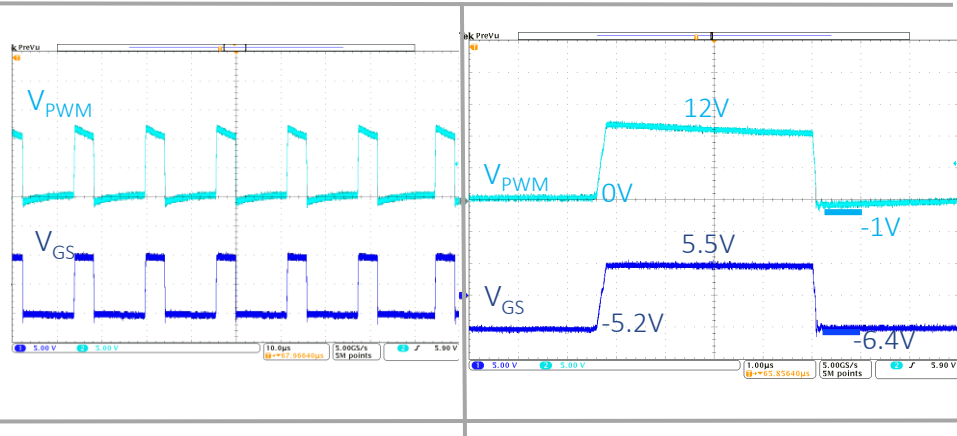
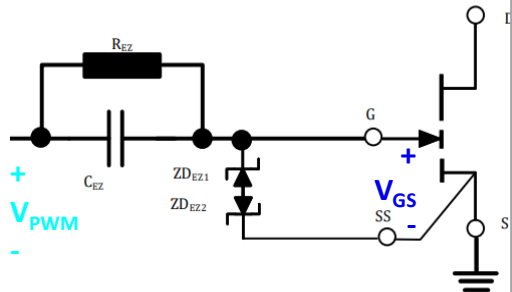
115Vac 输入 @
18V/1.67A 输出



230Vac 输入 @
18V/1.67A 输出



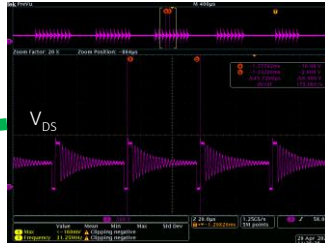
EZDrive 波形 (V_{PWM} & V_{GS}) @ 满载(18V/1.67A 输出)



跳跃模式运行@ 5% 负载

跳跃频率:1.2KHZ

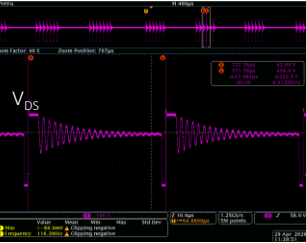
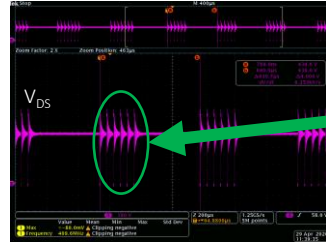
脉冲频率:22KHZ



115Vac 输入, 平均频率=13KHZ

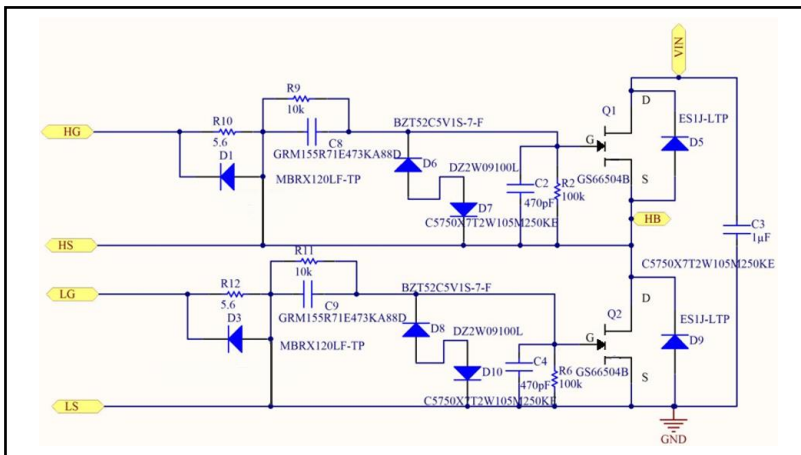
跳跃频率:1.6KHZ

脉冲频率:22KHZ



230Vac 输入, 平均频率=8KHZ

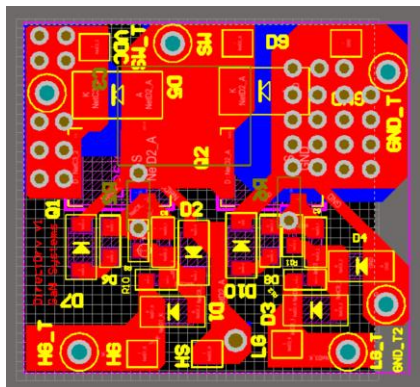
- 在所有运行情况下均无 V_{GS} 过压、欠压
- 较低的运行温度



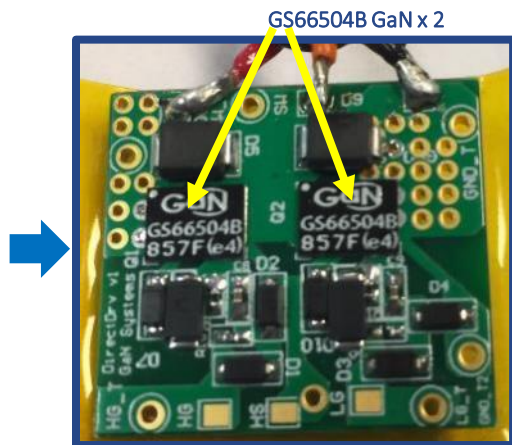
半桥LLC EZDrive 原理图



测试版(俯视图)



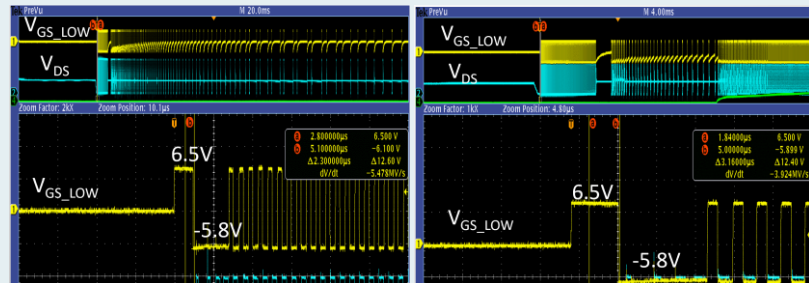
半桥EZDrive layout



EZDrive 子板



测试版(底视图)



@ 空载 ($I_{out}=0A$)

@ 满载 ($I_{out}=20A$)

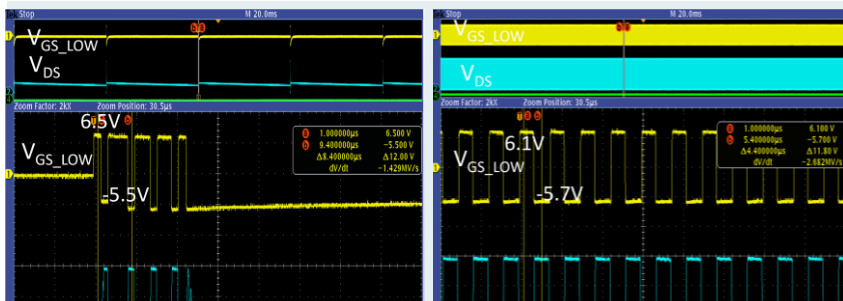
开机过程



0A to 20A

20A to 0A

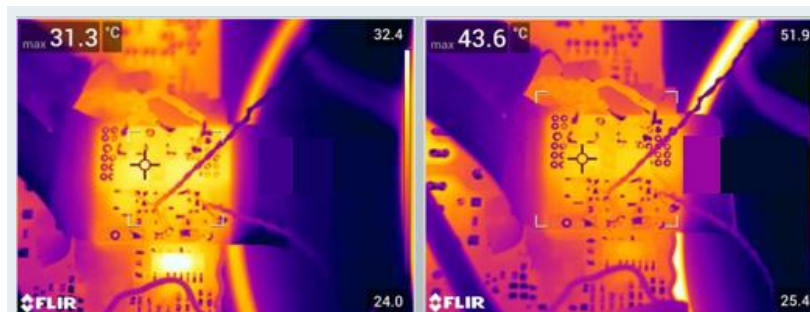
负载阶跃响应



@ 空载 ($I_{out}=0A$)

@ 满载 ($I_{out}=20A$)

静态工作



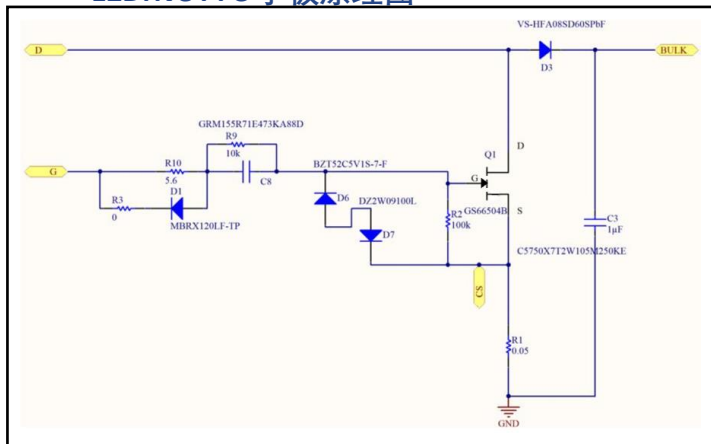
@ 半载 (10A)

@ 满载 (20A)

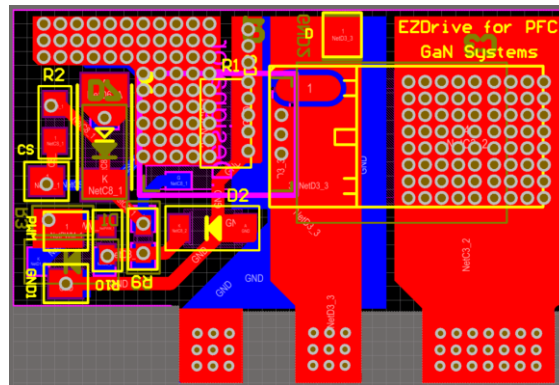
温度分布

- 在所有运行情况下均无 V_{GS} & V_{DS} 过压、欠压
- 较低的运行温度

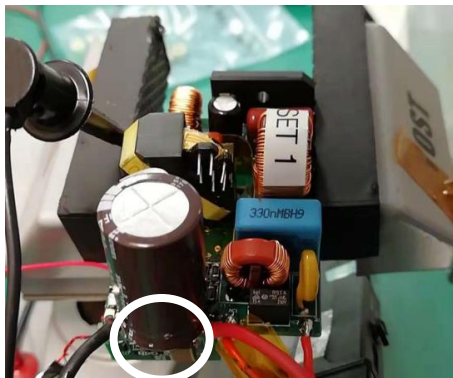
EZDrive PFC 子板原理图



EZDrive PFC 子板



升压PFC电路 (控制芯片: L6562A) (俯视图)



升压PFC电路 (控制芯片: L6562A) (侧视图)



650V 15A GaN 器件: GS66504B

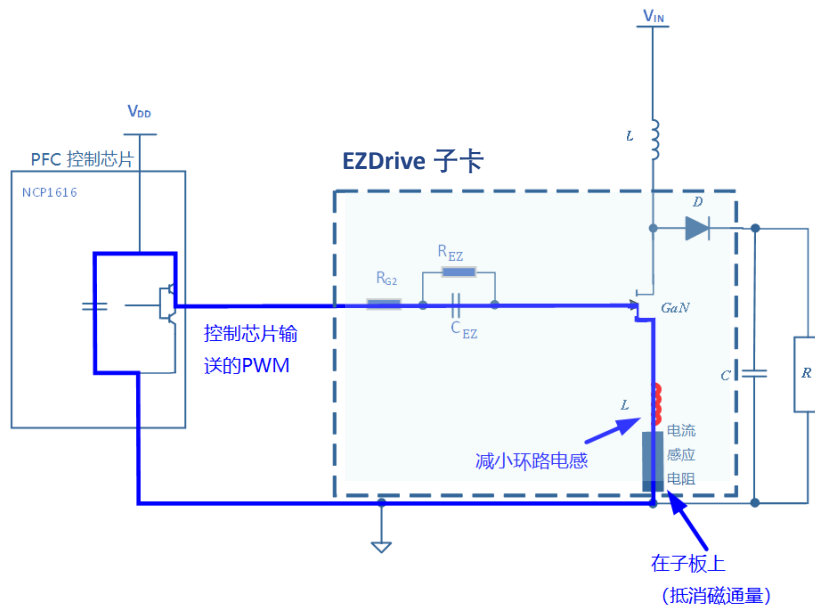


顶部



底部

- 对于功率大于65W的升压PFC应用，通常会采用子板设计以提高散热性能
- 以下表格提供了推荐布线原则



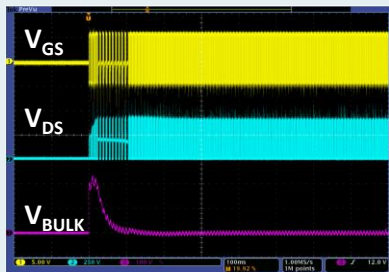
推荐布线原则

- 尽量缩短感应电阻和电源GND之间的走线长度
- 将感应电阻和GaN器件背靠背放置在2层板上
- 使用4层PCB将进一步降低公共电感并提高散热性能
- 可选择使用标贴电流检测电阻代替直插型电流检测电阻

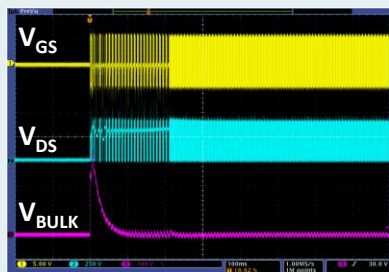
目的

- 减少走线电感
- 抵消磁通量 → 减少互感
- 减少寄生电感

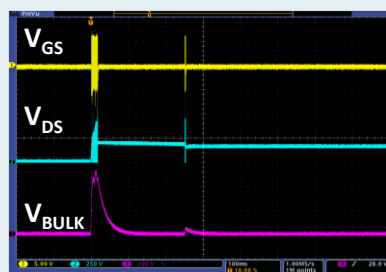
开机过程



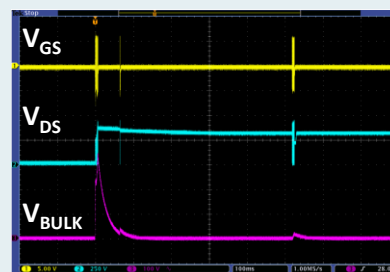
@ 110Vac & 满载 (400V,0.5A)



@ 220Vac & 满载 (400V,0.5A)

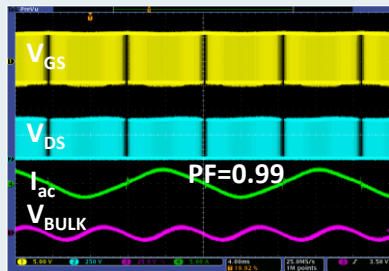


@ 110Vac & 空载 (400V,0A)

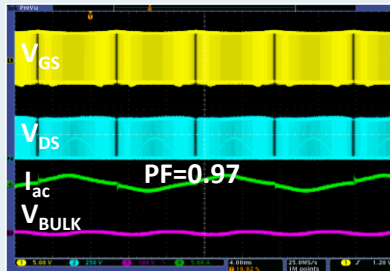


@ 220Vac & 空载 (400V,0A)

静态工作

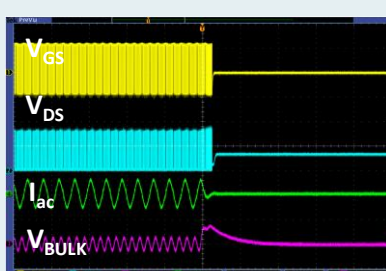


@ 110Vac & 满载 (400V,0.5A)



@ 220Vac & 满载 (400V,0.5A)

负载阶跃响应



从满载到空载 (0.5A to 0A)



从空载到满载 (0A to 0.5A)

• 在所有运行情况下均无 V_{GS} & V_{DS} 过压、欠压

- 背景简介
- 两种GaN驱动方案的比较：“分立”还是“集成”
- GaN Systems的方案: EZDrive电路
- EZDrive实验验证
- 总结

应用考量	硅 MOSFETS	GaN Systems EZDrive 电路	单片 GaN 管 + 驱动电路
元器件总费用	✓	✓	✗
器件选择以优化设计	✓	✓	✗
使用控制芯片, 减少多余电路	✓	✓	✗
EMI 控制	✓	✓	✗
功率密度	✗	✓	✓



GaN Systems 的 **EZDrive** 电路可经济简便地使用带驱动的标准 MOSFET 控制芯片以实现 GaN 器件驱动

- GaN 器件

- <https://gansystems.com/gan-transistors/>

- EZDrive 评估套件

- <https://gansystems.com/evaluation-boards/g65011-evbez/>

- 技术文献

- <https://gansystems.com/wp-content/uploads/2020/01/Using-Mosfet-Controllers-to-Drive-GaN-EHEMTs.pdf>

- 参考设计

- 需要更多信息, 样品和完整设计, 请联系我们



Bodo's Power Systems[®]
Using MOSFET Controllers
to Drive GaN E-HEMTs





Product and application support at
gansystems.com