

# 电源设计中的可靠性实现方法

San Xie 谢厚林  
2018年3月

# Power Integrations为发电、输电和用电领域提供控制/驱动器IC



高效AC-DC电源用IC产品的技术领导者



助推LED照明革新的高效率驱动器IC



对安全要求极其严格的要害系统中使用的高可靠性IGBT驱动器



# 可靠性相关的设计要素

## ■ 高噪声电源环境中的布板设计

- ▶ 减小控制环路大小
- ▶ 减小开关节点大小
- ▶ 放电针间隙

## ■ 变压器设计

- ▶ 遵循设计规则
- ▶ 确保制造一致性
  - 漏感
  - 漏电容

## ■ 元件的选择

- ▶ 电压额定值
- ▶ 电流额定值
- ▶ 纹波额定值 ( 电容 )
- ▶ 温度范围

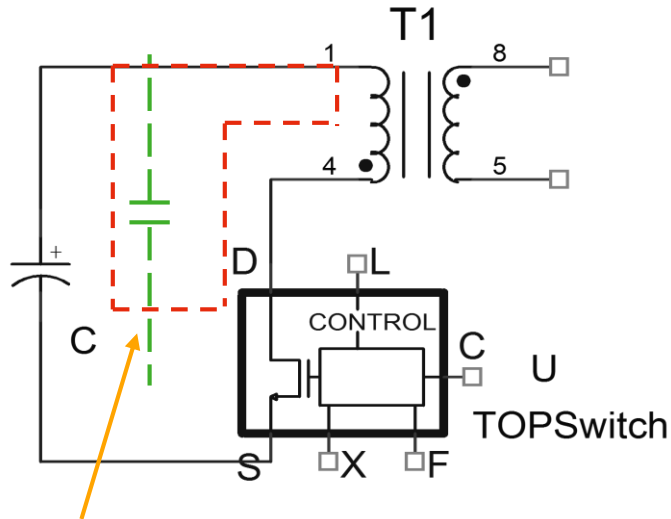
# PCB布板设计通常是想当然的产物

- 布板对于电源的良好性能至关重要
  - ▶ 不良布板会使设计的成本更高、性能更不可靠
- 良好的布板可带来诸多好处
  - ▶ 更好的EMI性能、抗扰性（ESD、浪涌）及电气性能
  - ▶ 设计调试时间的减少意味着更快的占领市场
- PCB板的首版布局至关重要
  - ▶ 有意识地正确放置相关元件
  - ▶ 仔细设计各个PCB走线的布线方式



# 初级侧的噪声环路

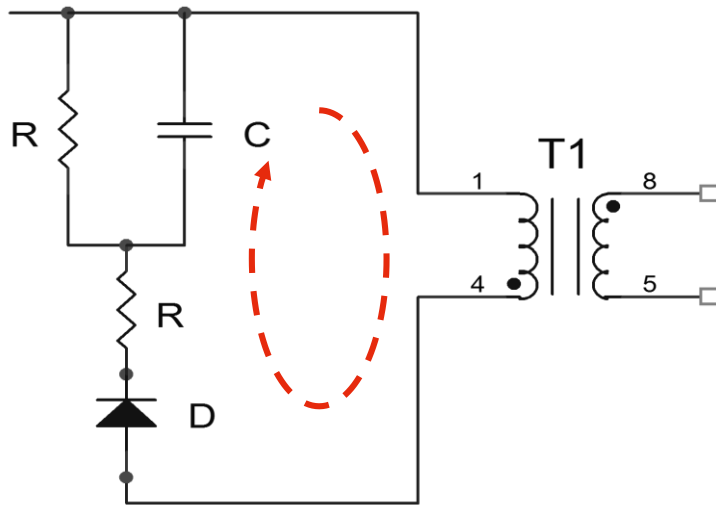
- 高 $di/dt$ 初级环路可耦合至
  - ▶ 次级电路
  - ▶ EMI滤波元件
  - ▶ 输出线
- 所有这些因素都会导致EMI问题
- $di/dt$ 变化快的电流会流经最小的环路面积（楞次定律）
- 初级环路是噪声最大的电源环路
  - ▶ 特别是辐射EMI噪声



增加旁路电容以  
减小环路面积

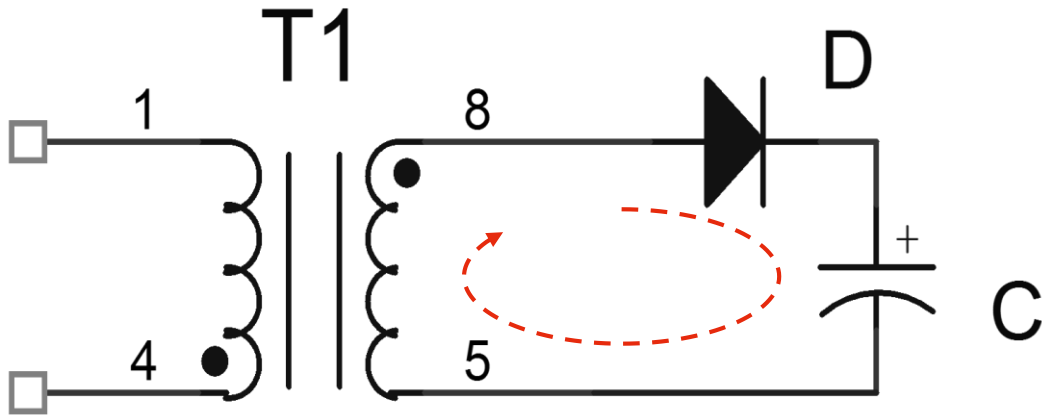
# 初级箝位噪声环路

- 保持较小的环路面积，防止耦合至其他环路
- 高频率电流分量流经电容
- 低分布电感的环路走线有助于限制箝位电压的感性过冲
- 将电容靠近变压器放置，以减小环路大小



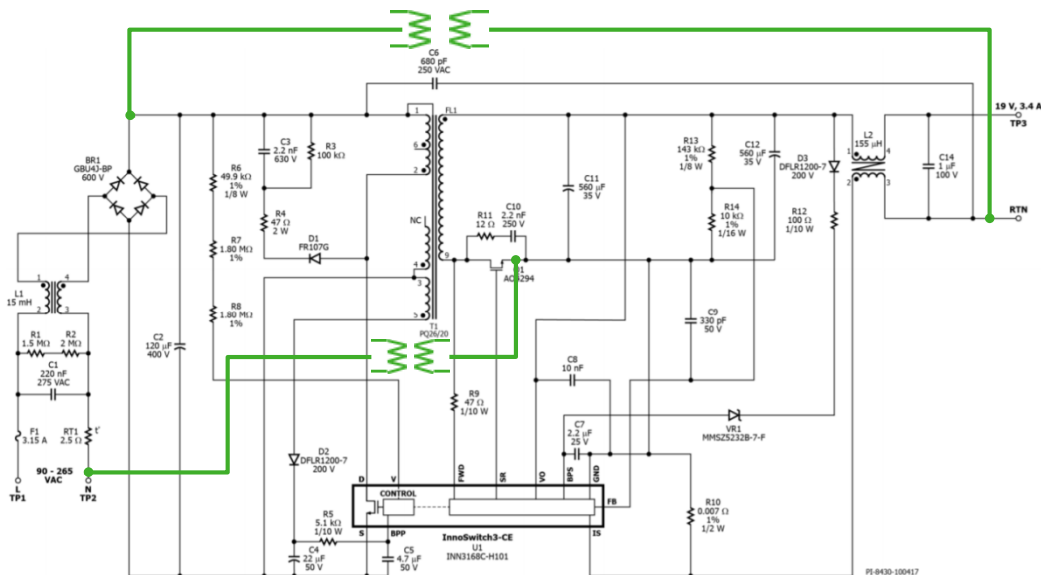
# 次级整流管噪声环路

- “绕组-二极管-电容”电流环路是噪声和EMI的主要来源
  - ▶ 是电源中的第二大噪声环路
  - ▶ 如果电源有多路输出，应最优先考虑电流最大的输出
  - ▶ 二极管RC缓冲电路进行布板时，不要将其放置在环路内部，而应放在外部

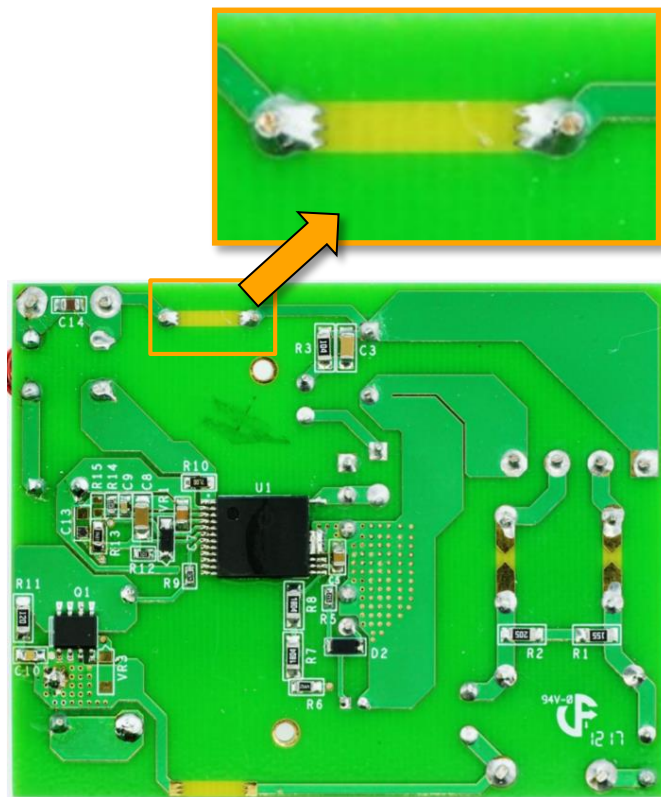


# 放电针间隙可降低输入/负载浪涌的破坏

- 使浪涌电流远离敏感元件
  - 为浪涌电流提供可控的路径



DER-535设计中采用的放电针间隙





# 变压器设计

## ■ 避免变压器饱和（高磁通密度）

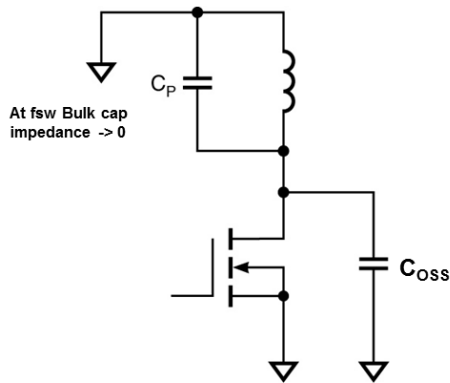
- ▶ 稳态工作时，将磁通密度限制在3800高斯以下
  - 在典型设计中应提供一定裕量，并且应考虑温度因素的影响
- ▶ 检查最差条件下的电流波形
  - 满载，最低输入电压，最大工作温度，各种输入电压



## ■ 确保绕组之间实现良好耦合

- ▶ 较低的漏感可降低EMI和提高效率
- ▶ 较低的初级电容可降低开关损耗
  - PI MOSFETs  $C_{\text{OSS}}$  << 分立 MOSFETs

$$\text{开通损耗} = \frac{(C_{\text{oss}} + C_P) \times V^2 \times f}{2}$$



Simplified AC Capacitance Model of a Primary Switch

# 了解电源的应用场合，确定最差工作条件

- 元件应力分析(CSA) – 元件是否在指定应用限值范围内？
- 在最差条件下测量（输入电压、负载、温度）
  - ▶ 测量电压、电流、温度、电容的纹波电流
  - ▶ 测量最差条件下的器件温度（包括电源安装方式的差异）
  - ▶ 在其他元件中设置公差
- 虽然费力，但值得付出 – 将发现设计裕量

# 可靠性可以通过设计实现 – 并非意外所得

- 在布板之时充分考虑可靠性
  - ▶ 对于高功率密度设计至关重要
- 在选择元件之时充分考虑可靠性
  - ▶ 变压器设计是关键的部分
- 完成设计验证
  - ▶ 仔细考虑设计变化或其他可替代元件的选择所带来的影响
- PI-Expert等设计工具有助于简化设计过程

PI Expert™  
*Online* 





power.com