

MPS 在厨卫电器电源方案的分享 以及EMI 优化策略

Ace.Yue

202111

For Customer Use Only

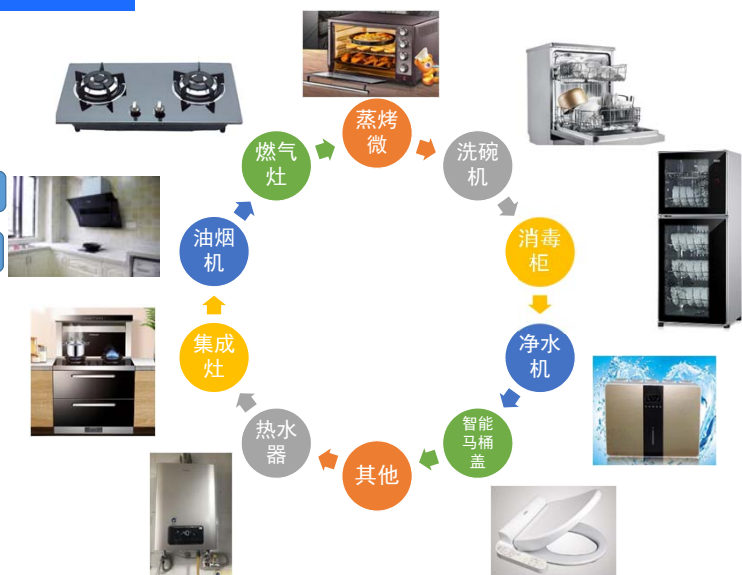
rev 20180504

MPS

厨卫电器产品类别及电气共性

电气共性:

- AC市电输入供电 (燃气灶除外) ACDC
- 金属外壳防触电 (智能马桶盖除外) EMI 问题
- 继电器控制强电以驱动电机、烘干器 (油烟机, 洗碗机, 料理机, 集成灶, 消毒柜等) 12V Bus
- 低压直流水泵 (净水机, 燃气热水器) 24V Bus
- TFT-LCD 液晶显示面板 (油烟机, 蒸烤微, 洗碗机, 集成灶, 热水器等) 5V/2A

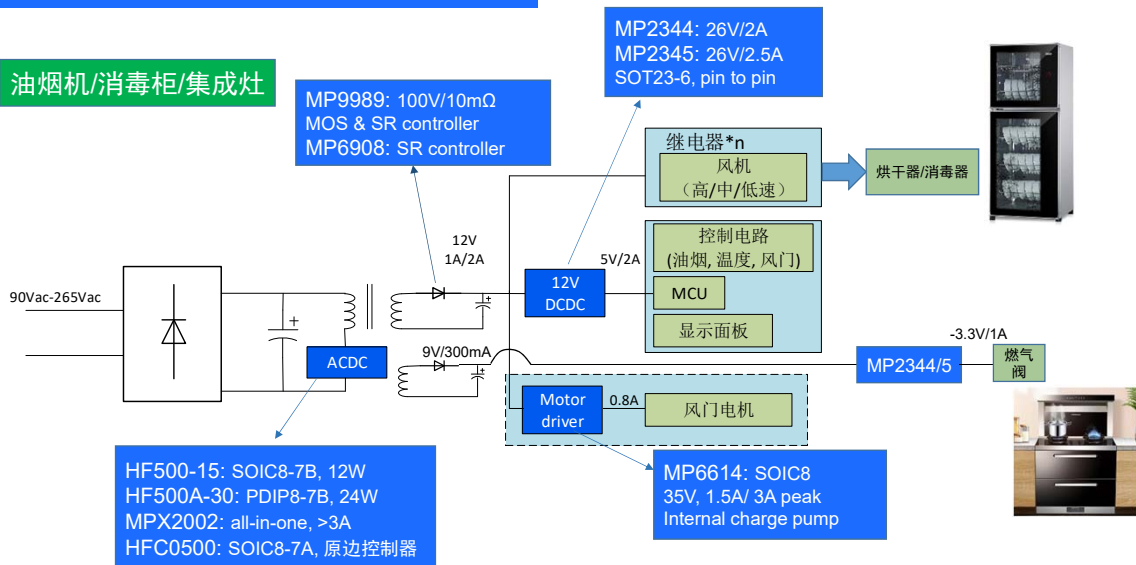


MPS

MPS 厨卫电器电源解决方案

MPS

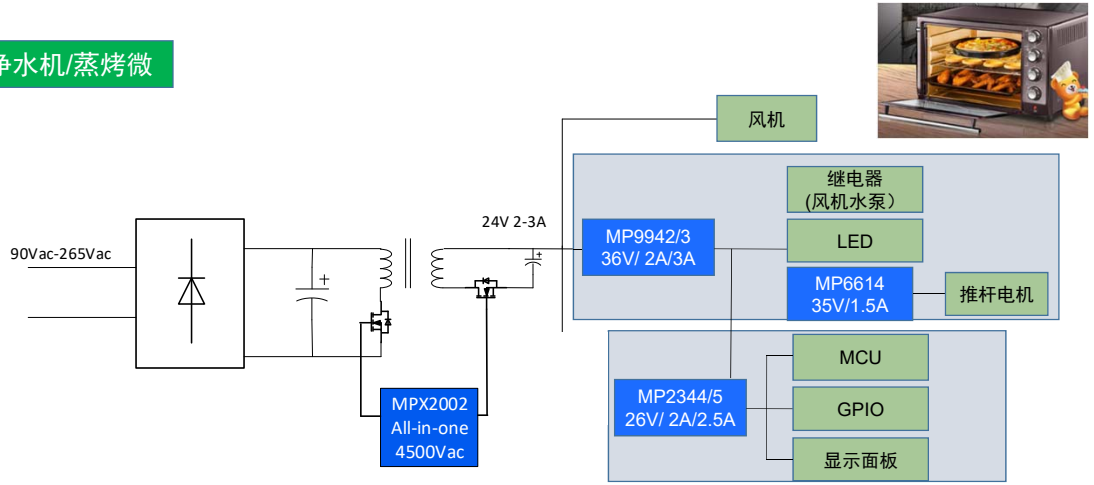
典型电源需求案例1



MPS

典型电源需求案例2

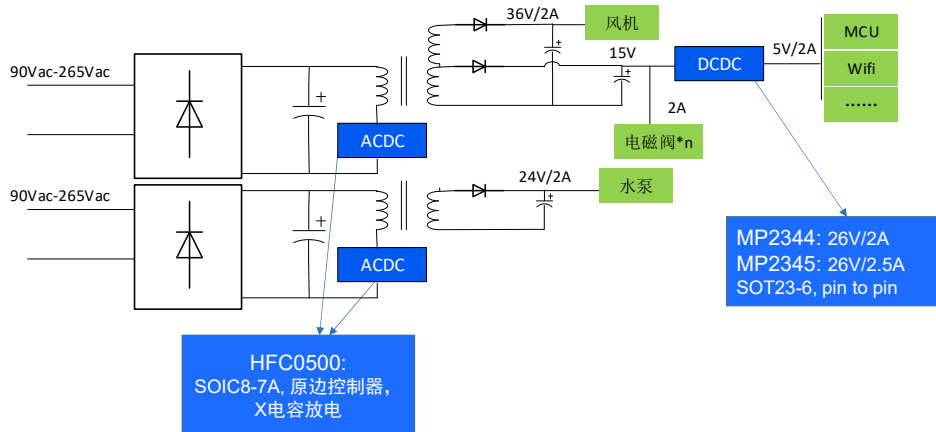
净水机/蒸烤微



MPS

典型电源需求案例3

燃气热水器



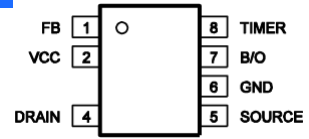
MPS

HF500A-30 – Fully Featured Flyback Regulator

FEATURES

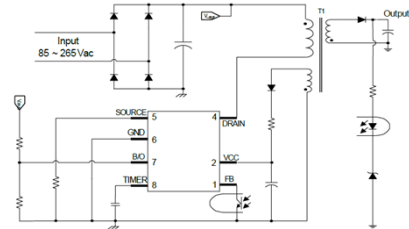
- 700V/1.4Ω 集成 MOSFET
- 自带斜坡补偿的电流模式控制方式, 低待机功耗的脉冲工作模式
- 轻载降频模式(down to 25kHz), 抖频模式以及特殊驱动机制获得更小的EMI干扰
- 过功率补偿
- 输入过电压补偿
- 内部自启高压电流源
- 可调的软启动时间
- 所有保护功能: **ULVO, OVP, OLP, OTP, SCP, and Latch-Off Protection**

备注: 其余诸如HF500-7/15/20/40 则是不同功率等级的功率芯片。

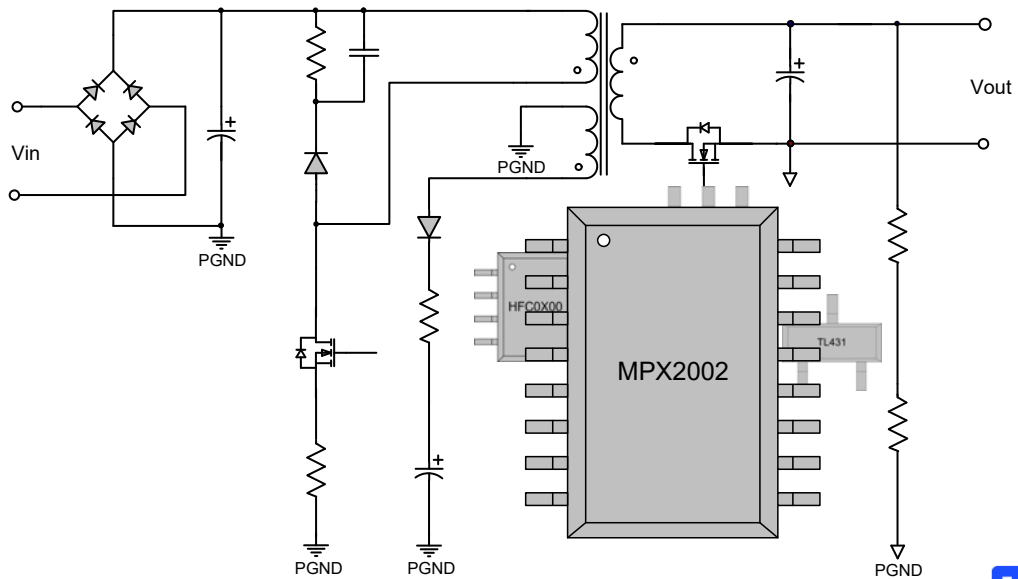


Available in a PDIP8-7B Package

	85V _{AC} to 265V _{AC}	
	Adapter ⁽²⁾	Open Frame ⁽³⁾
P _{out} (W)	18	27



MPX2002: all-in-one ACDC solution

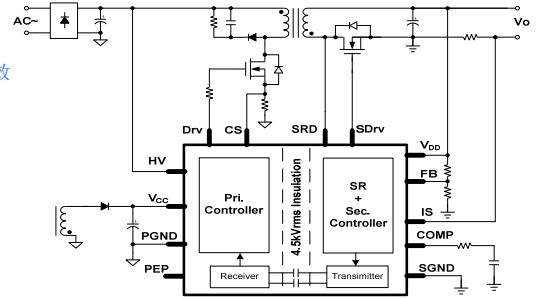
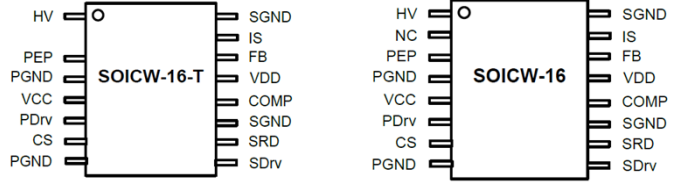


MPX2002 — all-in-one

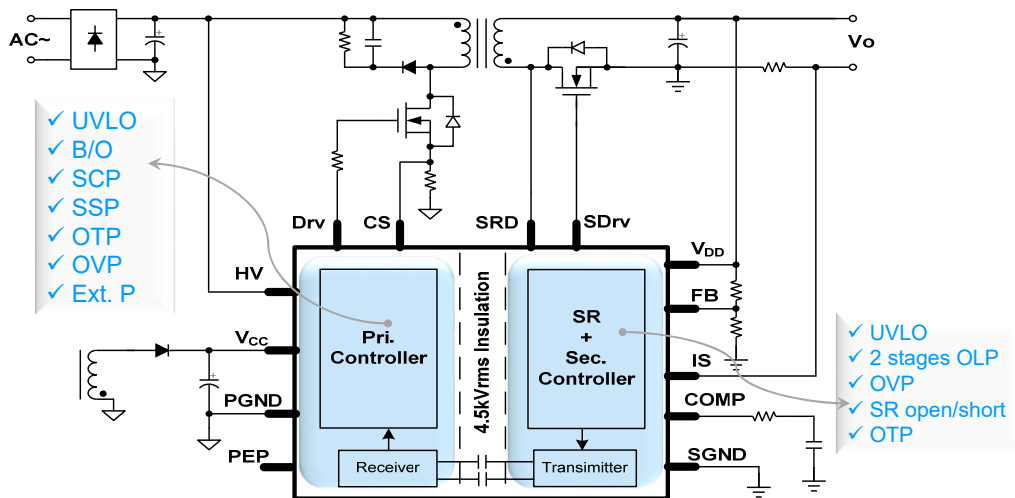
FEATURES

- 绝缘耐压 > 4500Vac
- 100% 量产 HIPOT 测试
- UL1577 and IEC62368
- 重载CCM mode/轻载 QR mode
- 原边集成650V 电流源 / 副边集成 150V 电流源
- 轻松实现<30mW 待机功耗
- 增强的副边控制技术，超低原副边死区时间实现高可靠性，高效率，轻松实现能效6级标准
- 可调的软启动时间
- 所有保护功能: Vcc OVP, POCP, B/I B/O, SCP, SSP, OLP, SGOP, SGSP, SRDP, FB UVP/OVP, UVLO, and Ext.P(OTP)
- SOICW-16 or SOICW-16-T 封装

TOP VIEW

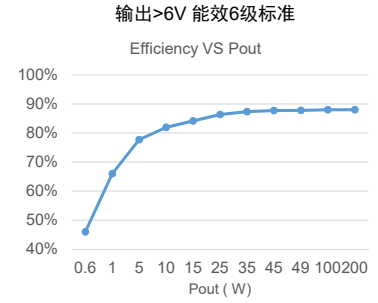
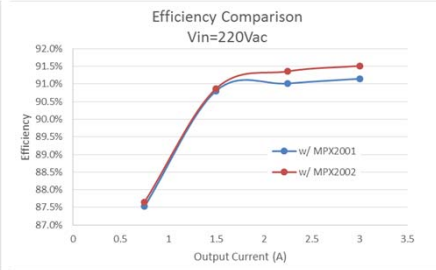
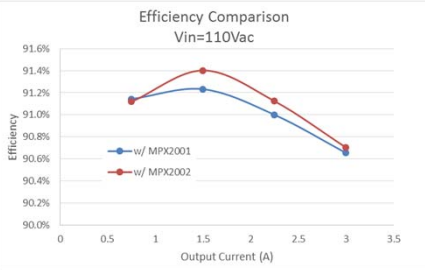


MPX2002 — 电路保护示意



MPX2002 — 效率示意

20V output:

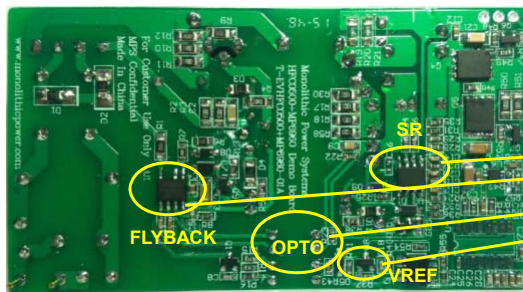


MPX2002的效率更高取决于自动QR模式以及超短的原副边驱动 dead time (30ns), 轻松实现能效6级

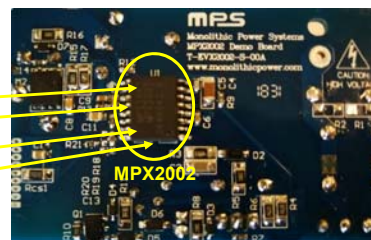
MPS

MPX2002 — layout 示例

□ 紧凑且 BOM 成本低



4 in 1



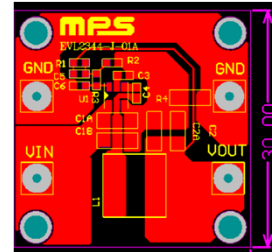
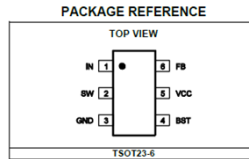
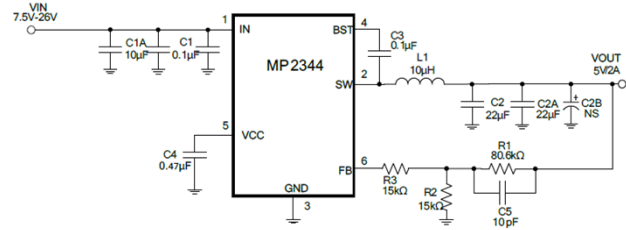
- ❖ 更可靠;
- ❖ 容易设计;
- ❖ 更少的占板空间和BOM;
- ❖ 更低的待机损耗;
- ❖ CCM 下更精确的副边SR控制;
- ❖

MPS

MP2344(5): 同步整流DCDC芯片

FEATURES

- 7.5-26V 宽输入电压范围
- 支持2A (2.5A)负载电流
- 95mΩ/45mΩ(90mΩ/40mΩ)集成功率MOSFET
- 轻载节能模式
- EMI优化技术
- 集成软启动
- 过载保护以及短路打嗝保护, OTP
- TSOT23-6 封装
- 布局简单, 适合单面布板

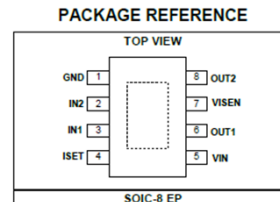
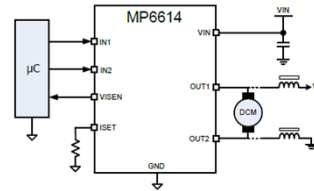


MPS

MP6614: 35V/1.5A H桥

FEATURES

- 5V-35V 宽输入电压范围
- 支持100%占空比的全集成H桥驱动 (内部电荷泵)
- 支持峰值电流3A, 持续电流1.5A
- 低导通电阻 280mΩ/220mΩ
- 3.3V/5V 兼容的逻辑输入
- 逐周期电流保护/限流
- 低待机电流 (0.1uA)
- OCP, OTP, UVLO
- SOIC8-EP 封装



MPS

开关电源 EMI 分析

MPS

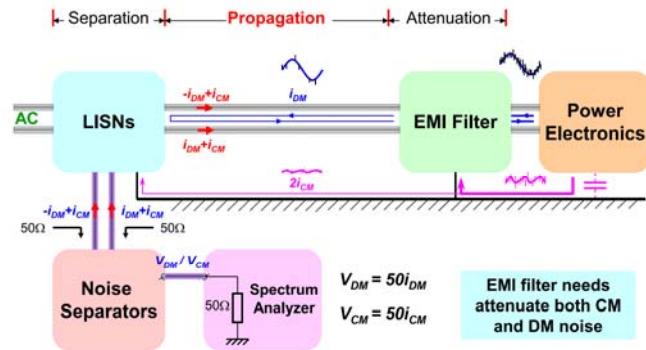
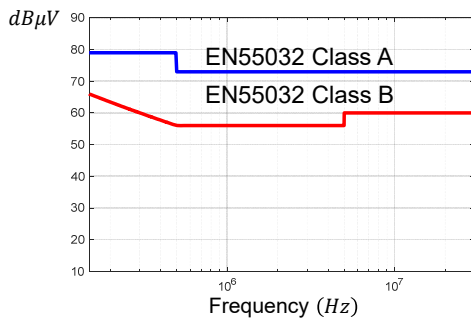
EMI 简介

EMI: 电磁干扰(Electromagnetic Interference)

- 成因, 开关变换器产生的高频动态 dv/dt 节点(SW) 以及高频开关电流, 导致噪声从设备向外传出。

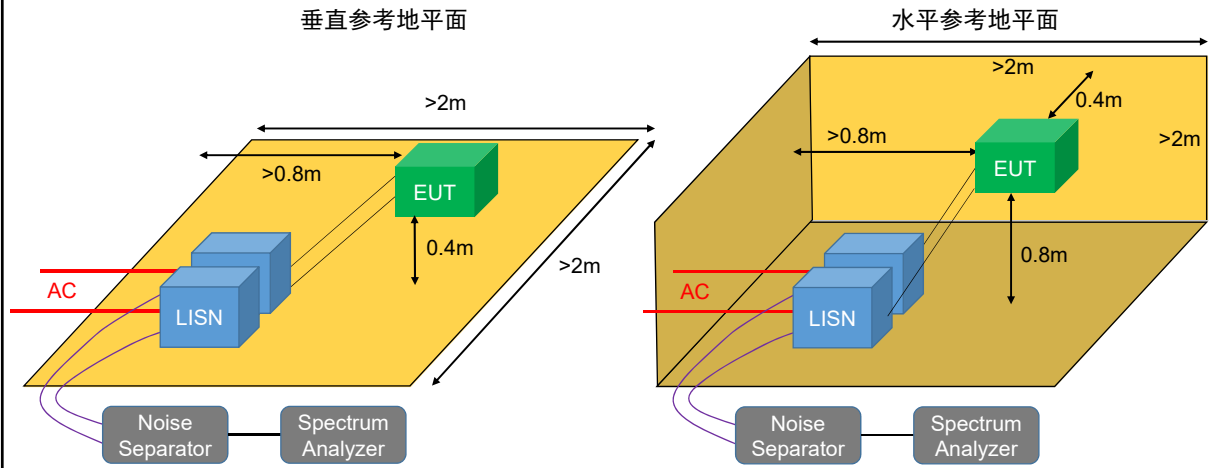
EMI 分为传导(骚扰电压) 以及辐射(骚扰功率) 两部分, 两者之间相互依存。

传导EMI 标准主要为CISPR22和EN55032(前身EM55022) , 限定频率范围(150kHz to 30MHz).



MPS

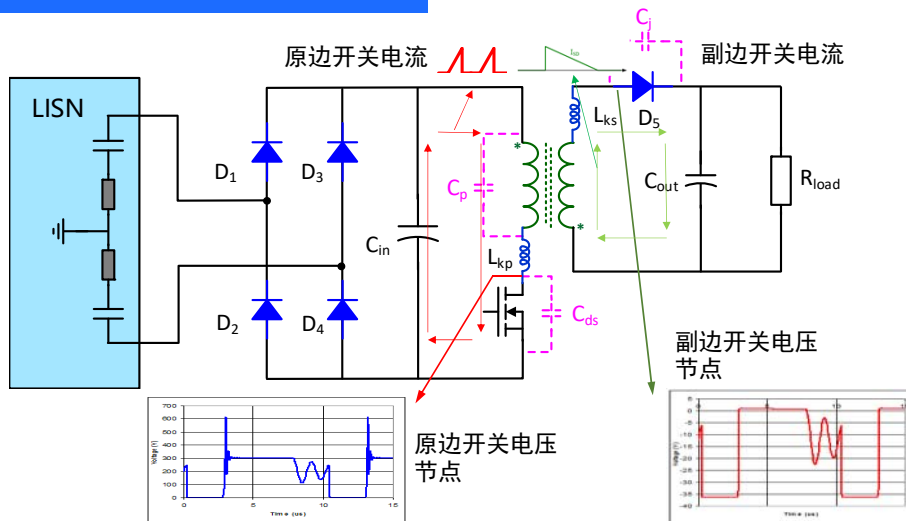
测试环境简介



备注: 参考地平面和EUT (被测设备) 距离应当等于0.4m

MPS

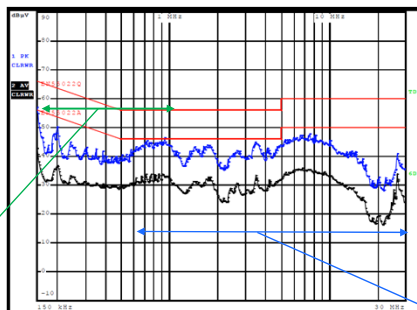
噪声源



备注: 噪声源主要包含快速切换的电压节点(dv/dt)和电流回路(di/dt)

MPS

传导EMI 直观分析



差模分量噪声主要是开关电源的开关电流引起，

- DM (difference mode) : $f(di/dt)$
- 差模分量是由开关电流在输入电解电容上x形成高频电压纹波产生

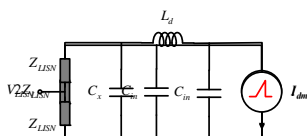
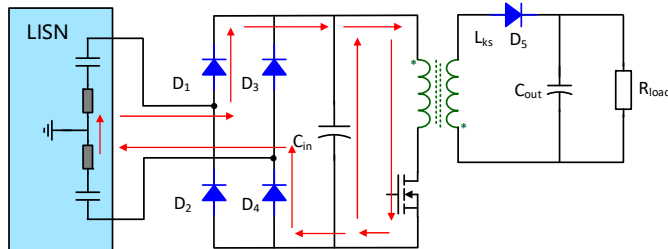
共模分量噪声主要是开关电源里快速变化的电压节点引起，

- CM (common mode) : $f(dv/dt)$
- 共模分量主要为开关节点引起共模电流通过寄生电容流经开关电源以及输入电源线，负载线

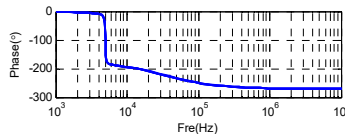
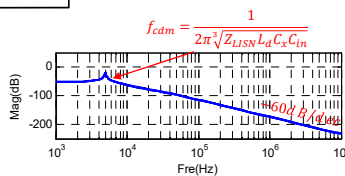
Note: 事实上差模干扰和共模干扰总是相互依存



差模EMI分量的抑制（路径传输）



$$\frac{V_{LISN}}{I_{dm}} = \frac{50}{2Z_{LISN}L_dC_xC_{in}s^3 + L_dC_{in}s^2 + 2Z_{LISN}(C_x + C_{in})s + 1}$$



For example:

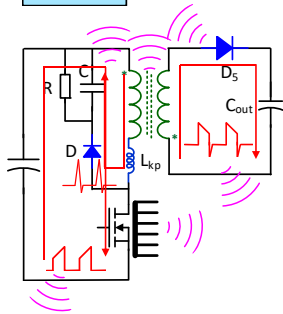
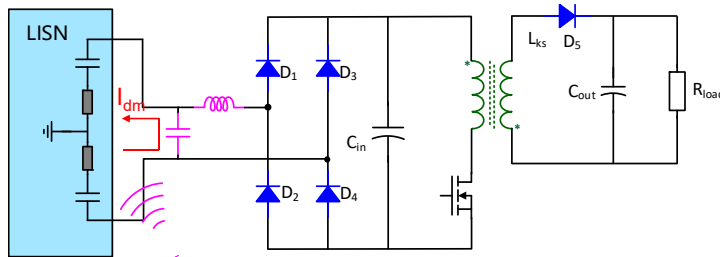
24W, Idm=1A
 $Z_{lism}=50$; $L_d=1mH$;
 $C_{in}=47\mu F$; $C_x=104(100nF)$

转折频率 $f_{cdm}=2.7kHz$

150kHz时, $V_{lism}=0.00014V$, 即 43dB ($20\log[V_{lism}(uV)]$)



差模EMI分量的抑制（耦合）



成因:

1. MOS, 二极管以及散热片dv/dt 产生
2. 输入电流环路 di/dt, CCM更严重
3. 输出电流环路 di/dt, CCM更严重
4. RCD吸收回路
5. 变压器磁芯的电位变换

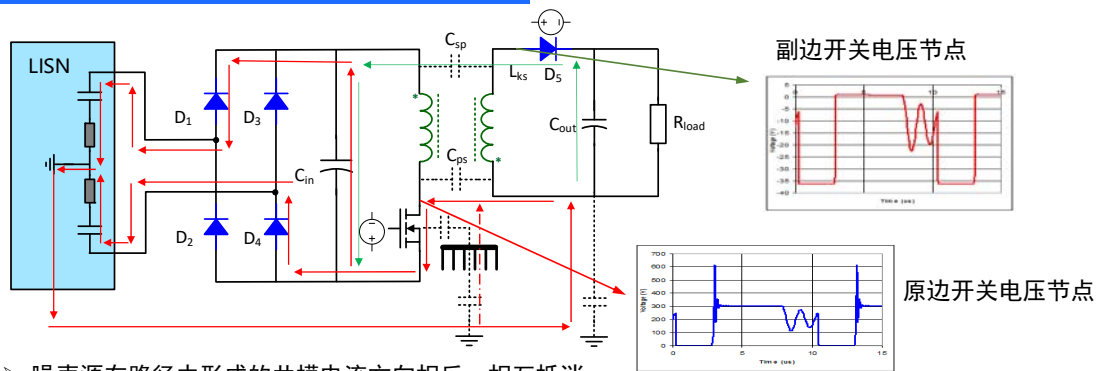
改进方向:

- 减小接收和发射环路面积
- 变压器磁芯和散热片接各自GND

同样适用于抑制共模分量以及骚扰功率

MPS

共模EMI的传播路径



➢ 噪声源在路径中形成的共模电流方向相反，相互抵消

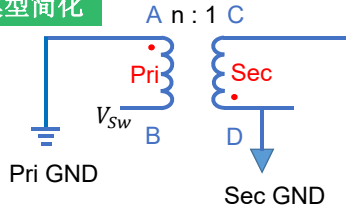
备注: 副边二极管放在高边，原边和副边噪声源在路径中形成的共模电流方向相反，相互抵消。

Question: 为什么副边整流二极管很少放置在低边？

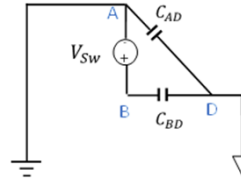
MPS

共模EMI 建模分析

变压器模型简化

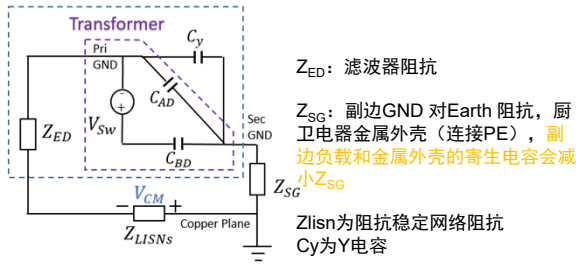


戴维南叠加定理简化



C_{AD} : 原副边静点之间寄生电容

C_{BD} : 原边动点和副边静点之间寄生电容



Z_{ED} : 滤波器阻抗

Z_{SG} : 副边GND对Earth阻抗, 厨卫电器金属外壳(连接PE), 副边负载和金属外壳的寄生电容会减小 Z_{SG}

Z_{LISNs} 为阻抗稳定网络阻抗
 C_y 为Y电容

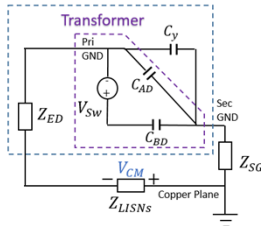
共模电流路径模型

$$\frac{V_{CM}}{V_{Sw}} = \frac{Z_{LISNs}}{\frac{1}{j\omega C_T} + Z_{ED} + Z_{SG} + Z_{LISNs}} \cdot \frac{C_{BD}}{C_T}$$

$$C_T = C_y + C_{AD} + C_{BD}$$



共模EMI分量的抑制1



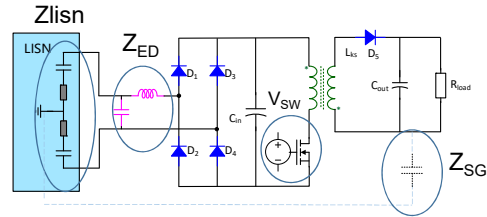
共模电流路径模型

增大分母

- 加Y电容。/会增大漏电流
- 增加 Z_{ED} 即共模电感。/增加成本
- 增大 Z_{SG} ，即副边电器接线和金属外壳(连接至PE)接触面尽可能小，以减小寄生电容。/依赖于产品的安装方式。

减小分子

- 减小 C_{BD}



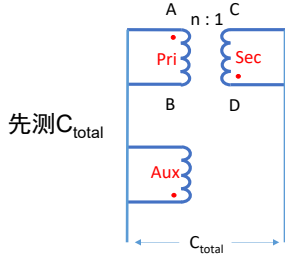
$$\frac{V_{CM}}{V_{Sw}} = \frac{Z_{LISNs}}{\frac{1}{j\omega C_T} + Z_{ED} + Z_{SG} + Z_{LISNs}} \cdot \frac{C_{BD}}{C_T}$$

$$C_T = C_y + C_{AD} + C_{BD}$$

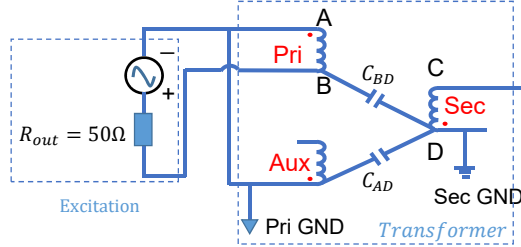


共模分量EMI的抑制2

优化 C_{BD} 的工程实用方法1



利用信号发生器测试 V_{AD} 和 V_{AB}



$$\frac{V_{AD}}{V_{AB}} = \frac{C_{BD}}{C_{total}}$$

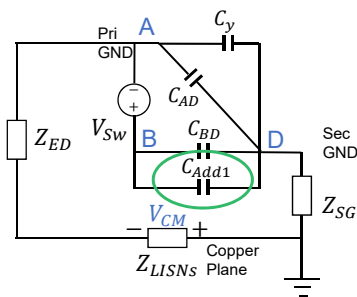
步骤:

1. 先测试变压器原副边之间总的寄生电容 C_{total}
2. 利用信号发生器, 串联 50Ω 电阻测试 V_{AD} 和 V_{AB}
3. 根据以上公式计算 C_{BD}

MPS

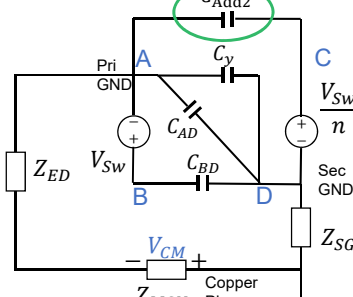
共模分量EMI的抑制2

如果 C_{BD} 为负值



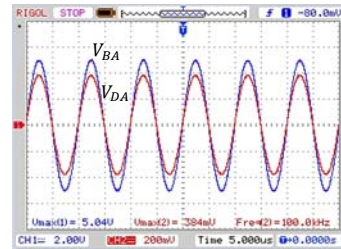
$$C_{Add1} = -C_{BD}$$

如果 C_{BD} 是正值

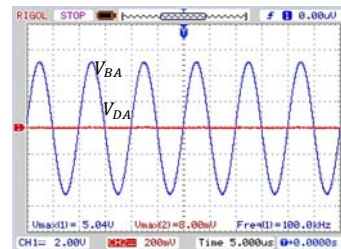


$$C_{Add2} = n \cdot C_{BD}$$

原始变压器 V_{DA} 和 V_{BA}



增加平衡电容: V_{DA} 和 V_{BA}

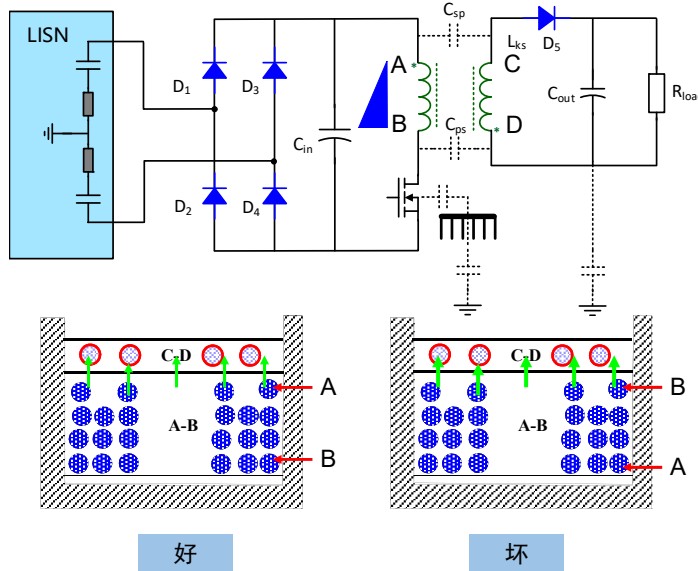


备注: 通常原边对副边干扰强于副边对原边干扰, 因此 C_{BD} 通常为正值。

MPS

共模分量EMI抑制3

变压器绕组对EMI的影响

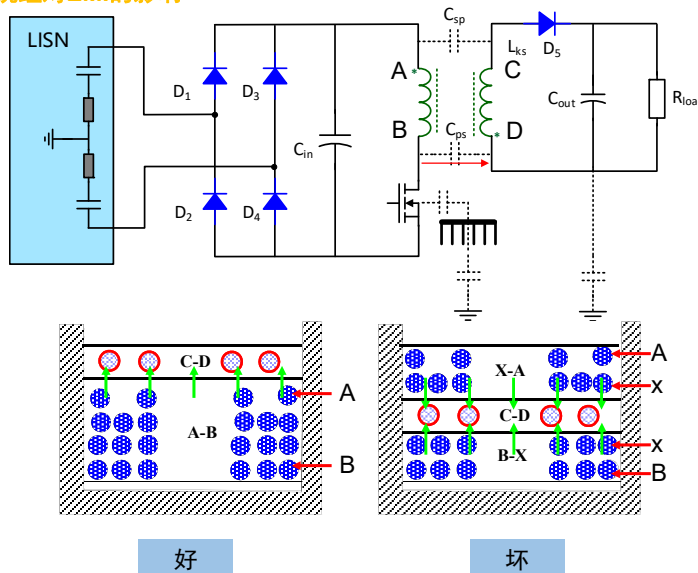


动点B远离副边，会减缓原边干扰源对副边的共模电流影响



共模分量EMI抑制3

变压器绕组对EMI的影响

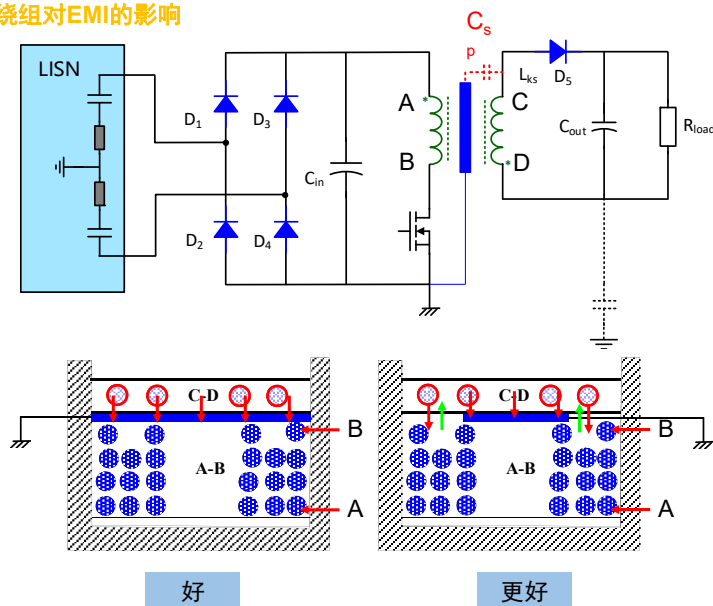


三明治绕法，原边和副边之间的寄生电容增大，会增强共模电流的传递导纳，加剧共模分量。因此10W以下电源变压器更适合顺绕



共模分量EMI抑制3

变压器绕组对EMI的影响



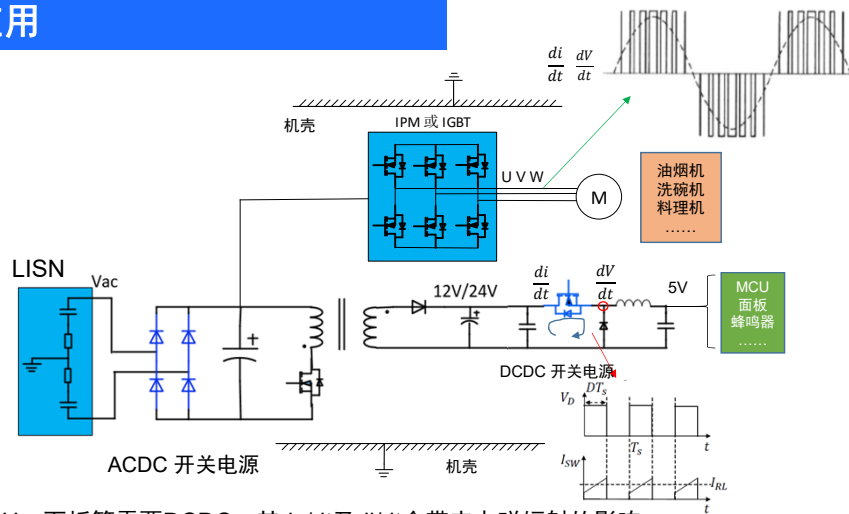
变压器加屏蔽绕组，可以抵消原边向副边传递的共模电流；若适当调整屏蔽绕组宽度，使原边向副边传递共模电流强度和副边向原边传递共模电流强度相当，EMI效果更好。



厨卫电器EMI分析



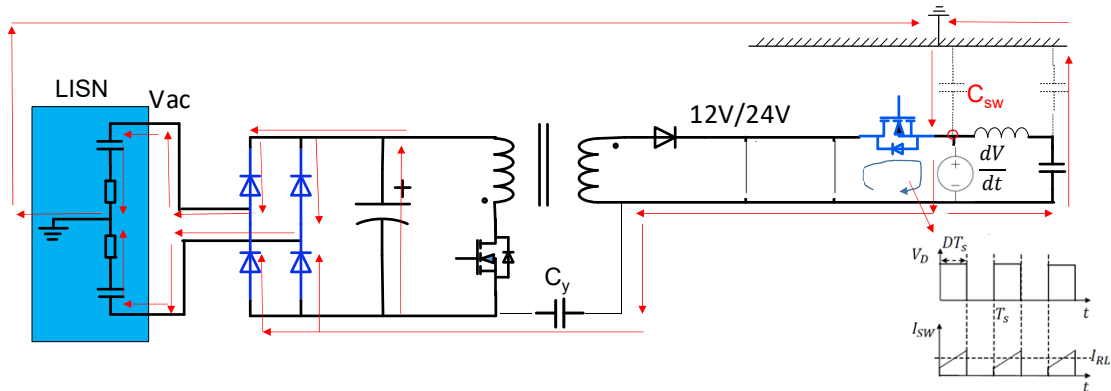
典型厨电应用



- 供MCU, 面板等需要DCDC, 其 $\frac{dv}{dt}$ 及 $\frac{di}{dt}$ 会带来电磁辐射的影响
- 部分产品会有IPM(智能功率模块), 其斩波带来的UVW 线束 $\frac{dv}{dt}$ 以及桥臂 $\frac{di}{dt}$ 会带来电磁辐射的影响
- 连接PE线的金属机壳会和负载线之间有较大的寄生电容, 增大共模电流的流通导纳, 不利于抑制EMI

MPS

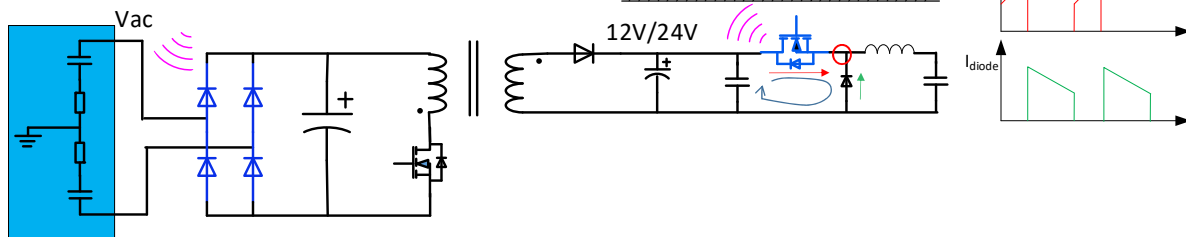
DCDC 对EMI的影响---共模噪声



- DCDC开关动作, 输入电流断续, 造成的DM(差模) 分量和LISN 之间隔了变压器, 对骚扰电压结果没有影响
- DCDC开关节点SW对系统造成的共模电流, 通过对机壳的寄生电容在系统中进行传导
- 减小 C_{sw} 可以增大共模电流传播阻抗: ① 减小SW 电器节点面积; ② 增大SW 和机壳之间的距离

MPS

DCDC 对 EMI的影响—近场耦合



- 减小输入电容MOSFET, 二极管形成的环路面积会减小EMI 发射源
- 减小MOSFET 和 二极管的导通速度

MPS

总结

MPS

总结

ACDC

- 1. AC 输入侧增加Pi滤波 (功率10-15W以上增加一级共模电感)
- 2. 缩小高频开关电流环路面积 (原边, 副边, 辅助电源)
- 3. MOSFET散热片, 变压器磁芯接PGND
- 4. 副边输出采用高边整流
- 5. 变压器加补偿绕组/屏蔽绕组
- 6. 变压器原副边动点对另一侧静点加补偿电容
- 7. 原副边选择合适的Y电容
- 8. 调整原边MOSFET的驱动速度, 副边二极管并联R+C

DCDC

- 1. 缩小高频开关电流环路面积 (原边, 副边, 辅助电源)
- 2. 减小SW的面积, 增大SW (DCDC) 和金属外壳之间的距离;
- 3. 降低DCDC的驱动速度, 抖频。

IPM

- 1. 减小UVW 电机线的长度; 以及和金属机壳保持间距
- 2. UVW电机线加磁环
- 3. 减慢UVW电机线斩波切换速度



Q&A

