

## 电源设计小贴士 40：非隔离式电源的共模电流

作者：Robert Kollman, 德州仪器 (TI)

非隔离式电源的共模电流可能成为一个电磁干扰 (EMI) 源，您是否曾经消除过它呢？在一些高压电源中，例如：LED 灯泡所使用的电源，您可能会发现您无法消除它们。经仔细查看，发现非隔离式电源与隔离式电源其实并没有什么两样。开关节点接地寄生电容，产生共模电流。

图 1 是一个 LED 电源的示意图，其显示了该降压调节器中共模电流产生的主要原因。原因就是开关节点接地电容。令人惊讶的是，如此小的一点电容，仍会产生问题。CISPR B 类（适用于住宅设备）辐射规定允许 1 MHz 下 46 dBuV (200 uV) 信号的 50 电源阻抗。这也就是说，仅允许 4 uA 的电流。如果转换器在 100 kHz 下对 Q2 漏极的 200 Vpk-pk 方波进行开关操作，则基准电压约为 120 伏峰值。由于谐波随频率降低而成比例下降，因此 1MHz 下会有约 9 Vrms。我们可以利用它来计算允许电容，得到约 0.1pF，即 100 fF（相当于 1 MHz 下 2 兆欧阻抗），其为这个节点完全可能的电容量。另外，还存在电路接地其余部分的电容，其为共模电流提供了一条返回通路，如图 1 所示 C\_Stray2。

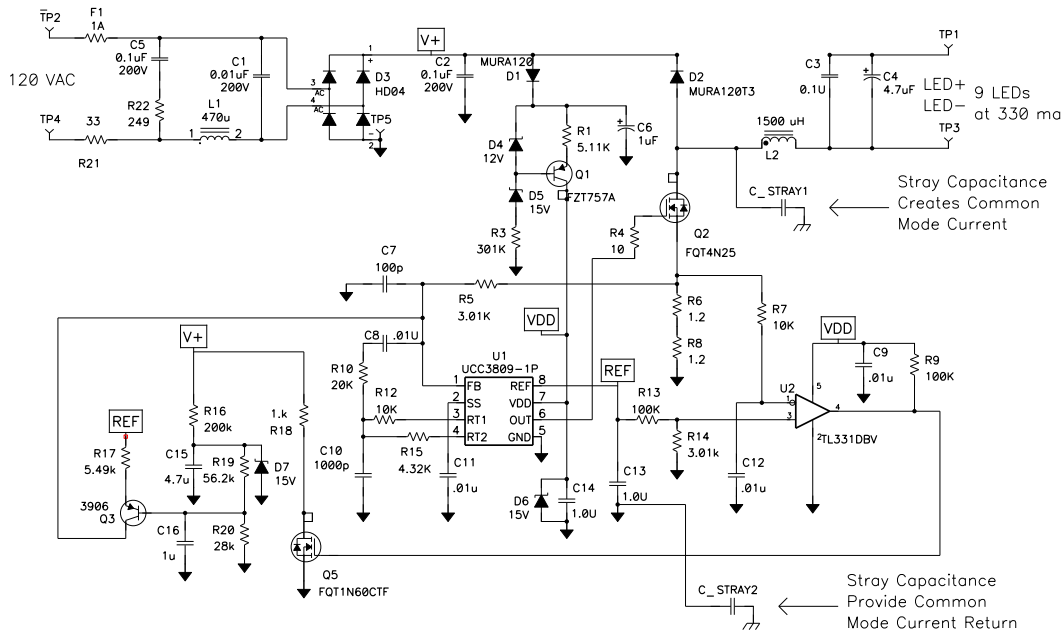


图 1 仅 100 fF 的开关节点电容却产生了 EMI 问题

在 LED 灯应用中，没有基底连接，只有热和绝缘，因此共模 EMI 滤波便成为问题。这是因为电路为高阻抗。它可以由一个与 2 兆欧容抗串联的 9 Vrms 电压源表示（如图 2 所示），无法增加阻抗来减少电流。要想降低 1MHz 下的辐射，您需要降低电压，或者减小寄生电容。降低电压共有两种办法：颤动调谐或者上升时间控制。颤动调谐通过改变电源的工作频率来扩展频谱范围。

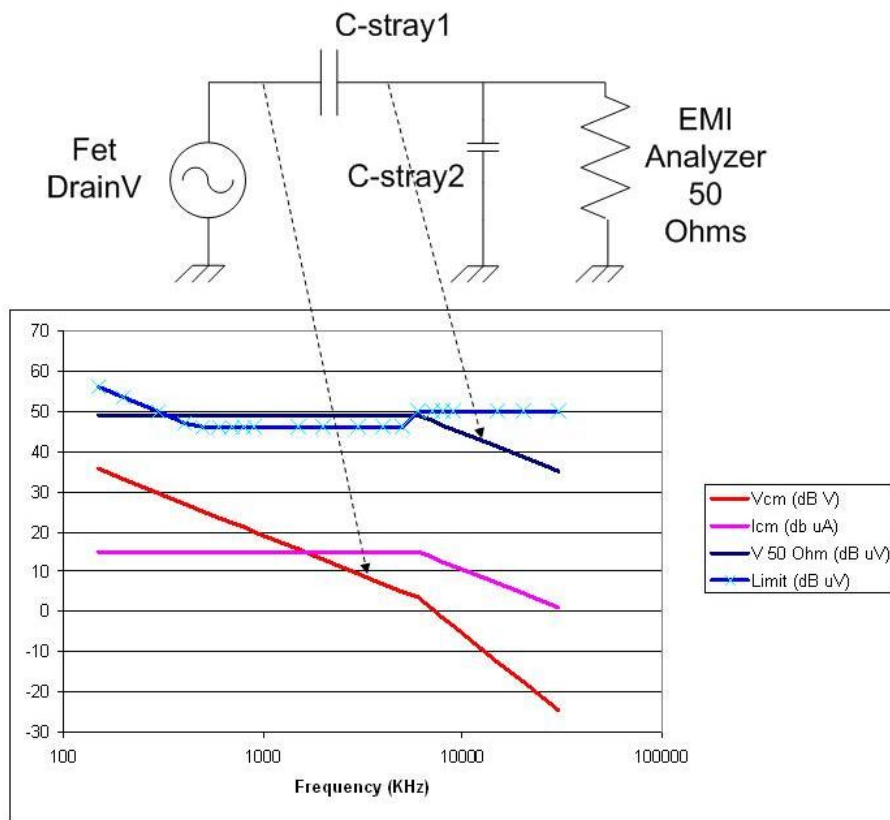


图 2 100 fF 可导致超出 EMI 限制

要讨论颤动调谐，首先请阅读《电源设计小贴士 8》（2009 年 2 月）。上升时间控制通过降低电源的开关速度来限制高频谱，最适合解决 10MHz 以上的 EMI 问题。减小开关节点的寄生电容很容易，只需最小化蚀刻面积或者使用屏蔽材料。该节点到整流电源线路的电容，不会形成共模电流，因此您可以将导线埋入多层型印制线路板 (PWB)，从而减少大量不需要的电容。但是，您无法彻底消除它，因为 FET 漏极和电感仍然余留有电容。图 2 给出了一幅曲线图，引导您逐步计算 EMI 频谱。第一步是计算电压波形（红色）的频谱。通过计算漏电压波形的傅里叶级数，或者只需计算基本分量然后对包线取近似值（1 除以调和数和基本分量），便可完成上述计算。在高频完成进一步的调节（ $1/(\pi * \text{上升时间})$ ），如 7MHz 以上频率所示。下一步，用该电压除以寄生电容的电抗。有趣的是，低频辐射为扁平稳定状态，直到频率穿过由上升时间设定的极点为止。最后，CISPR B 类规定也被绘制成图。仅 0.1 pF 的寄生电容和一个高压输入，辐射就已接近于规定值。

EMI 问题也存在于更高的频率，原因是输入线路传输共振引起的电路共振和辐射。共模滤波可以帮助解决这些问题，因为在 C\_Stray2 存在大量的电容。例如，如果电容大小为 20 pF，则其在 5MHz 下阻抗低于 2 K-Ohms。我们可以在电路和

50 Ohm 测试电阻器之间增加阻抗足够高的共模电感，以降低测得辐射。更高频率时，也是如此。

总之，使用高压、非隔离式电源时，共模电流会使 EMI 辐射超出标准规定。在一些双线式设计中（无基底连接），解决这个问题尤其困难，因为有许多高阻抗被包含在内。解决这个问题的最佳方法是最小化寄生电容，并对开关频率实施高频脉动。频率更高时，电路其余部分的分散电容的阻抗变小，因此共模电感可以同时降低辐射发射和传导发射。

下次，我们将讨论 DDR 内存的电源，敬请期待。

如欲了解本文及其它电源解决方案的更多详情，敬请访问：[www.ti.com.cn/power](http://www.ti.com.cn/power)。