

运用 Silent Switcher™ 设计降低 EMI 并改善效率

作者：Christian Kueck，电源管理产品战略市场经理，凌力尔特公司

在重视热耗散和效率的场合中，人们会用开关稳压器替代线性稳压器。开关稳压器通常是输入电源总线线路上的首个有源组件，因此对于整个转换器电路的 EMI 性能具有重大的影响。

相比于通孔元件，表面贴装技术中的新式输入滤波器组件拥有更好的性能。然而，这种改进赶不上开关稳压器工作开关频率增加的步伐。由于开关切换速度较快的原因，较高的效率、低的最小导通和关断时间产生了较高的谐波含量。

在所有其他参数（例如：开关电容和转换时间）保持恒定的情况下，开关频率每增加一倍将使 EMI 性能下降 6dB。如果开关频率增加 10 倍，则宽带 EMI 的作用就像一个辐射增加了 20dB 的一阶高通滤波器。

懂行的 PCB 设计师将使热回路很小，并采用尽可能靠近有源层的屏蔽 GND 层；不过，引出脚配置、封装构造、热设计要求以及在去耦组件中实现足够能量存储所需的封装尺寸限

定了热回路的最小尺寸。

对布局而言更为棘手的是，在典型的平面型印刷电路板上，高于 30MHz 的走线间磁性耦合或变压器型耦合将使得滤波器设计方面的所有努力大打折扣，因为谐波频率越高，有害磁性耦合的作用就越明显。

经过检验而可靠的解决方案是为整个电路采用一个屏蔽盒。当然，这么做将增加成本和所需的电路板空间、使热管理和测试更加困难、并带来额外的装配成本。另一种常用的方法是减缓开关边缘速率。这种做法的不利之处是会降低效率、增加最小导通 / 关断时间和所需的死区时间、以及牺牲潜在的电流控制环路速度。

借助凌力尔特的新型 LT8614 Silent Switcher™ 稳压器，既可以获得与屏蔽盒相同的作用，又不必使用屏蔽盒，同时还能消除上述的缺陷。见图 1。

LT8614 具有 LT861x 系列中世界级的低 I_Q ，工作电流仅为 2.5μA。这是该器件在调节状态和无负载条件下的总电源电流消耗。

LT8614 具有与该系列相同的超低压差，其仅受限于

内部顶端开关。与其他替代型解决方案不同，LT8614 的 $R_{DS(on)}$ 并不受限于最大占空比和最小关断时间。在压差条件下，该器件将跳过其关断周期并仅执行必需的最少断开周期，以使内部顶端开关升压级电压得以保持，如图 6 所示。

与此同时，最小工作输入电压的典型值为 2.9V（最大值为 3.4V），而且该器件能在其处于压差状态时提供一个 3.3V 电压轨。在高电流时，LT8614 因其总开关电阻较低而拥有高于 LT8610/LT8611 的效率。另外，它还可同步至一个运作范围为 200kHz 至 3MHz 的外部频率。

由于 AC 开关损耗很低，因此其可工作于高开关频率而不使效率大幅下降。在那些对 EMI 敏感的应用中（比如：汽车环境）可获得一种上佳的平衡，LT8614 的运行频率既可低于 AM 频段（以实现更低的 EMI），也可高于 AM 频段。在一种采用 700kHz 工作开关频率的配置中，标准的 LT8614 演示板在 CISPR25 测量中未超过噪声层。

图 2 所示的测量结果是在 12V_{IN}、3.3V_{OUT}/2A 和 700kHz 固定开关频率下于一个吸波暗室中获得的。

为了比较 LT8614 Silent Switcher

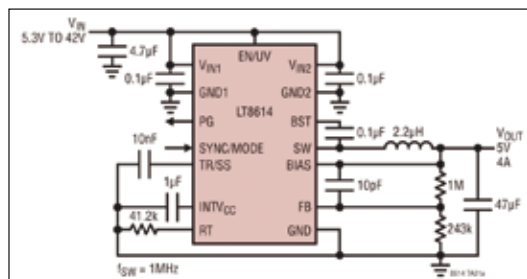


图 1：LTC8614 Silent Switcher 可最大限度地抑制 EMI/EMC，并在高达 3MHz 的频率条件下提供高效率。

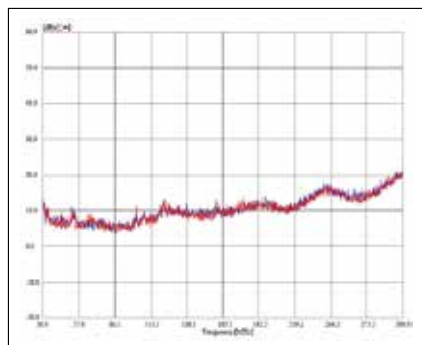


图 2：蓝色扫迹为噪声层；红色扫迹是 LT8614 演示板在一个吸波暗室中的 CISPR25 辐射测量值。

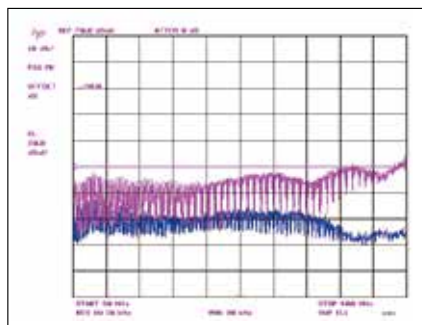


图 3：蓝色扫迹是 LT8614，紫色扫迹为 LT8610；两者均在 $13.5V_{IN}$ 、 $3.3V_{OUT}$ 和 $2.2A$ 负载条件下。

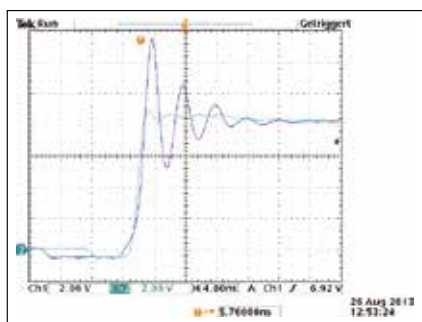


图 4：Ch1：LT8610，Ch2：LT8614 开关节点上升沿，两者均在 $8.4V_{IN}$ 、 $3.3V_{OUT}$ 和 $2.2A$ 负载条件下。

技术与当今最先进的开关稳压器，我们对该器件和 LT8610 进行了对比测量。测试在一个千兆赫横电磁波室 (GTEM cell) 中进行，在用于这两款器件的标准演示板上采用了相同的负载、输入电压和相同的电感器。

可见，与 LT8610 已经非常优越的 EMI 性能相比，采用 LT8614 Silent Switcher 技术可实现高达 20dB 的 EMI

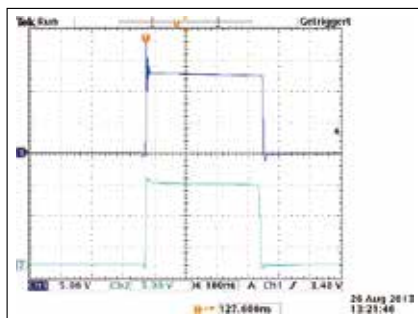


图 5：3 Ch1：LT8610，Ch2：LT8614，两者均在 $13.2V$ 输入、 $3.3V/2.2A$ 输出条件下。

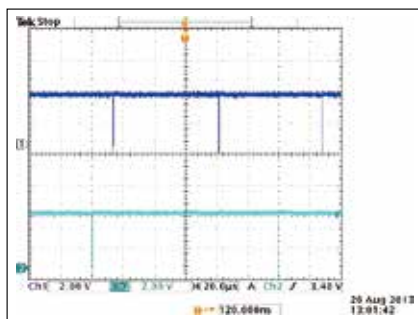


图 6：3 Ch1：LT8610，Ch2：LT8614 开关节点压差运行方式

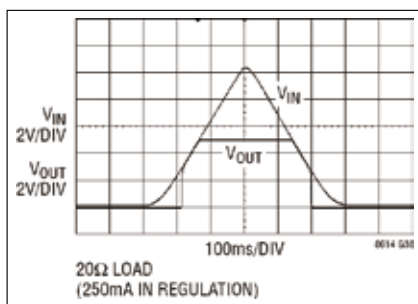


图 7：LT8614 压差运行方式

改善幅度，特别是在更难以控制的较高频段中。这可实现更加简单和紧凑的设计，在此类设计中，LT8614 开关电源所需的滤波和间隔比整体设计中的其他敏感系统要少。

在时域中，LT8614 在开关节点边缘上表现出非常优良的工作特性，如图 4 所示。

即使采用每格为 4ns 的标度，LT8614 Silent Switcher 稳压器也显现出非常低的振铃（见图 3 中的 Ch2）。LT8610 虽然具有优良的阻尼振铃（图

3 中的 Ch2），但是与 Ch2 中的 LT8614 相比，可以看到 LT8610 在热回路中存储了较高的能量。

图 5 示出了 $13.2V_{IN}$ 条件下的开关节点。可见从 LT8614 的理想方波产生了极低的偏差（示于 Ch2）。图 3 至图 5 中的所有时域测量都采用 500MHz Tektronix P6139A 探头（并将探针紧密地屏蔽连接至 PCB GND 平面）完成，两者均在标准演示板上。

除了其在汽车环境中的 42V 绝对最大输入电压额定值之外，压差运行方式也是非常重要的。通常，关键的 3.3V 逻辑电源必需在整个冷车发动期间得到支持。在该场合中，LT8614 Silent Switcher 稳压器保持了 LT861x 系列近乎理想的运行方式。与替代器件采用较高的欠压闭锁电压和最大占空比箝位不同，LT8610/LT8611/LT8614 器件可在低至 3.4V 的电压下运作，并在必要时尽快地开始跳过断开周期，如图 6 所示。这产生了理想的压差运行方式，如图 7 所示。

即使在高开关频率下，LT8614 很低的最小导通时间 (30ns) 也能实现大的降压比。因此，其通过对高达 42V 的输入进行单次降压就能提供逻辑内核电压。

总之，LT8614 Silent Switcher 稳压器可使当今先进的开关稳压器之 EMI 下降 20dB 以上，同时提高转换效率，而且没有缺点。在高于 30MHz 的频率范围中可获得 10 倍的 EMI 改善幅度，且在电路板面积相同的情况下未牺牲最小导通和关断时间或效率。上述目标的实现并未采用特殊的组件或屏蔽，因而标志着开关稳压器设计领域的一项重大突破。迄今为止，利用单个 IC 达到这种性能水平尚无先例。该器件正是那种可帮助终端系统设计工程师使其产品迈上新台阶的突破性集成电路。

www.linear.com.cn