

高转换率，符合CISPR 5类电磁辐射标准的 Silent Switcher (稳压器)

作者：Tony Armstrong和Christian Kück

当设计中需要优先考虑并尽可能减少EMI（电磁干扰）时，线性稳压器可以算得上一种低噪声解决方案，但考虑到散热和效率要求其并不适用于该种场景，反而需要选择开关稳压器。即使在对EMI敏感的应用中，开关稳压器通常也是输入电源总线上的第一个有源元件，无论下游变换器如何，它都会显著影响整个转换器的EMI性能。到目前为止，还没有明确的途径来确保可以通过电源IC的选取可以抑制EMI并达到效率要求。LT8614 Silent Switcher™ 稳压器现在做到了这一点。

与当前先进的开关稳压器相比，LT8614可将EMI降低20dB以上。相比之下，它在30MHz以上的频率范围内将EMI降低了10倍的同时，并未影响等效电路板区域的最小导通、关断时间或效率。它无需额外的元件或屏蔽即可实现这一点，代表开关稳压器设计的一个重大突破。

改善EMI问题的新方案

解决EMI(电磁干扰)问题的可靠方法是对整个电路使用屏蔽盒。当然，这会大大

增加所需的电路板空间、元件和装配成本，同时增加热管理和测试的复杂度。

另一种方法是减缓开关边缘的速度。但这会导致效率降低、增加最小导通、关断时间及其相关死区时间等不良影响，并影响潜在的电位电流控制环路速度。

LT8614 Silent Switcher稳压器在不使用屏蔽盒的情况下达到了所需的效果（见图1）。LT8614的 I_Q 低至2.5μA，在无负载的情况下进行调节时，器件消耗的总电

源电流为2.5μA，这对始终开机的系统非常重要。

其超低压差仅受内部顶端开关的限制。与其它解决方案不同，LT8614的 $V_{IN}-V_{OUT}$ （输入输出电压）限制不受最大占空比和最小关断时间的限制。如图6所示，该器件在出现压降时会跳过关断周期，以保持内部顶端开关升级电压持续稳定。

同时，典型最小工作输入电压仅为2.9V（最大为3.4V），使其能够在降压状态

图1. LT8614 Silent Switcher可充分降低EMI/EMC辐射，同时在高达3MHz的频率下实现高效率（转换）。

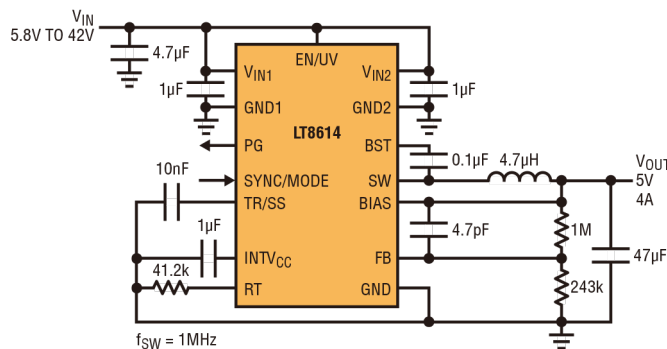
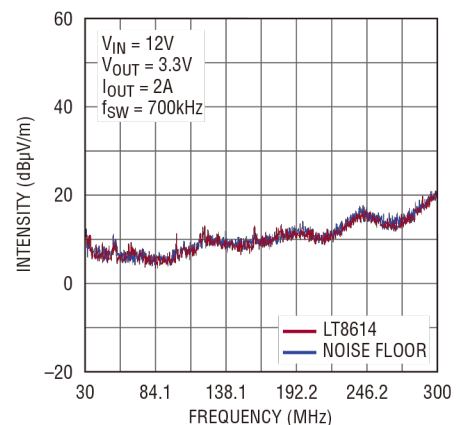
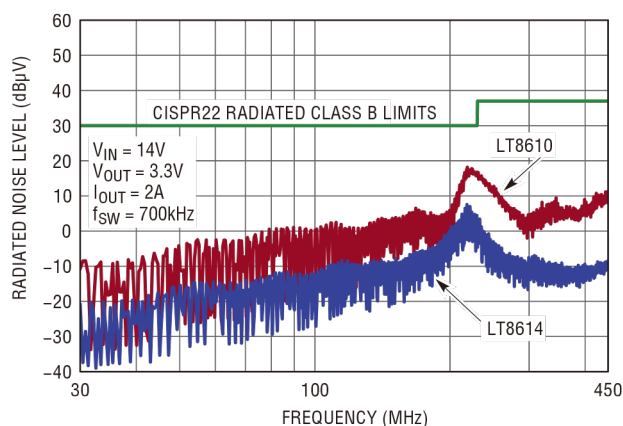


图2. LT8614板在电波暗室中符合CISPR25辐射标准。本底噪声与LT8614的电磁辐射骚扰相当。



与当前先进的开关稳压器相比，LT8614可将EMI降低20dB以上。相比之下，它在30MHz以上的频率范围内将EMI降低了10倍，而不会影响等效电路板区域的最小导通和关断时间或效率。它在没有额外元件或屏蔽的情况下实现了这一目标，这是开关稳压器设计的一个重大突破。

图3. LT8614与LT8610的电磁辐射骚扰进行比较。



电波暗室中进行测量的结果。为了比较LT8614 Silent Switcher技术与另一款当前先进的开关稳压器，将该产品与LT8610进行对比测量（见图3）。在GTEM室中，对两个器件的标准演示板使用相同的负载、输入电压和相同电感进行了测试。

可以发现，与LT8610已经很不错的EMI性能相比，使用LT8614 Silent Switcher技术还能再改善20dB，特别是在更加难以管理的高频范围。

下提供3.3V的电压。由于LT8614的总开关电阻较低，在大电流情况下，其效率高于同类器件。

LT8614(的工作频率)可以和200kHz至3MHz的外部工作频率同步。由于交流开关损耗较低，因此它可以在高开关频率下以最低的损耗工作。在对EMI敏感的应用比如很多汽车环境中常见的应用中，

达到一个良好的平衡，并且LT8614可以在AM频段以下工作以达到更低的EMI，或者也可以在AM频段以上工作。在具有700kHz工作开关频率的设置中，标准的LT8614演示板在CISPR25的5级测量中均未超过本底噪声。

图2显示了在12V输入电压、3.3V输出电压、2A电流、固定开关频率为700kHz的

在时域中，LT8614在开关节点边缘的性能良好，如图4和图5所示。即使在4ns/div时，LT8614 Silent Switcher稳压器的振铃也非常小。如图4所示，相比之下LT8610具有良好的振铃抑制能力，但与LT8614（图4）相比，可以看到它在热回路中存储的能量更高。

图4. LT8614 Silent Switcher和LT8610的开关节点上升沿的比较。

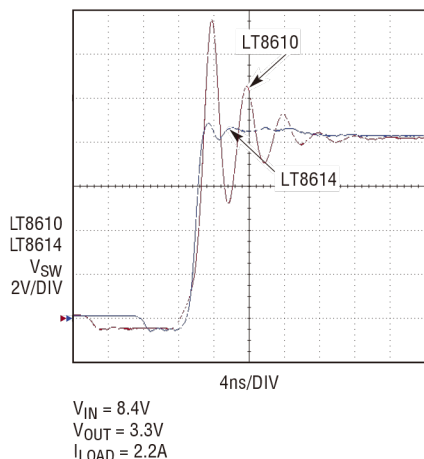


图5. LT8614近乎理想的方波开关波形实现了低噪声操作。

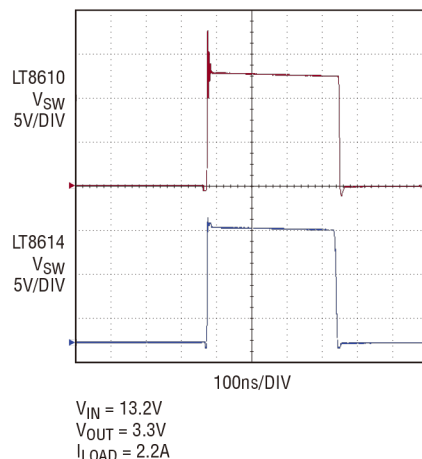


图6. LT8614和LT8610的开关节点的压降性能。

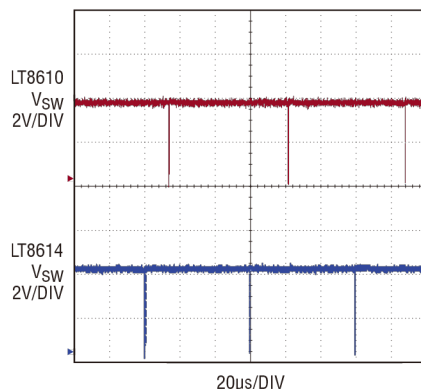
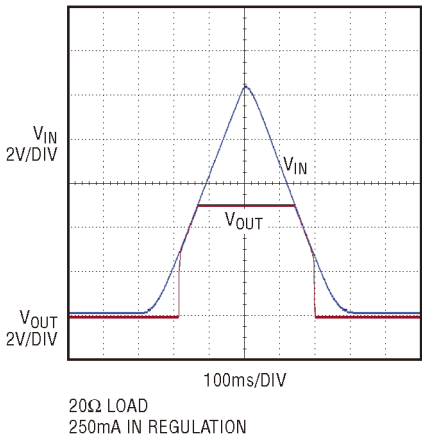


图5显示了13.2V输入电压下的开关节点，以及LT8614如何在开关节点处实现近乎理想的方波。图4、图5和图6中的所有时域测量均使用500MHz Tektronix P6139A的探头，探头尖端屏蔽紧密连接至PCB的GND平面。两个器件都使用了现成的演示板。

LT861x系列的绝对最大输入电压额定值为42V，这对于汽车和工业环境非常重要。而在汽车应用中压降性能与其（最大输入电压额定值）同样重要。通常，在冷启动情况下，必须支持关键的3.3V逻辑电源。在这种情况下，LT8614 Silent Switcher稳压器保持了LT861x系列近乎理想的性能表现。如图6所示，LT8610/11/14器件没有采用替代部件的较高欠压锁定电压和最大占空比箝位功能，而是降至3.4V运行，并在必要时开始跳周期。这就会产生比较理想的压降性能，如图7所示。

图7. LT8614压降性能。与其他LT861x器件一样，它的工作电压低至3.4V，并在必要时开始跳周期。



LT8614的最低导通时间为30ns，即使在高开关频率下也能实现较大的降压比。因此，它可以在输入电压高达42V的情况下，通过一次降压提供逻辑核心电压。

结论

众所周知，为了在系统设计完成时能够通过电磁干扰测试，在变换器初始

印刷电路板的布局设计确定了一个电源的功能、电磁干扰和热行为，并决定了每一种电源设计的成败。虽然开关电源的布局不是一门魔法，但在最初的设计过程中，它往往会被忽视。由于必须满足功能和电磁干扰的要求，有利于电源功能稳定性的因素通常也有利于电磁干扰辐射。要知道，从一开始就有良好的布局不仅不会增加成本，实际上还可以节约成本，并且不再需要更改EMI滤波器、机械屏蔽、EMI测试时间和PC板。

EMI发射有两类：传导和辐射。传导发射通过电线和走线连接到产品。由于该噪声局限于设计中的特定端子或连接器，因此通常在开发过程早期可通过良好的布局和滤波器设计保证符合传导辐射要求。

然而，辐射发射则是另一回事。电路板上任何承载电流的东西都会辐射电磁场。电路板上的每一条走线都是一根天线，每个铜层都是一个镜子。除了纯正弦波或直流电压以外，任何其他东西都会产生较宽的信号频谱。即使精心设计，开发人员在系统测试之前，也无法真正知道辐射发射情况会有多严重。辐射发射测试只有在设计基本完成后才能正式进行。

滤波器通常会在一定频率或在一定频率范围内衰减信号强度来降低电磁干扰。通过添加金属板作为磁屏蔽，可以衰减空间（辐射）的一部分能量。通过添加铁氧体磁珠和其他滤波器抑制 PCB 走线（传导）的低频部分的能量。EMI无法消除，但可以衰减到其他通信和数字器件能够接受的水平。此外，一些监管机构通过实施相关标准来确保合规。

设计阶段就需要慎重考虑电磁干扰问题。LT8614 Silent Switcher稳压器可以通过选择功率IC，确保成功可行的实现这一需求。LT8614将当前先进的开关稳压器产生的电磁干扰降低了20dB以上，即使提高转换效率，也不需要额外的组件或额外的屏蔽。

开关稳压器和EMI

采用表面安装技术的现代输入滤波器拥有比通孔器件更好的性能。但是，这种改善跟不上开关稳压器工作频率增加的步伐。更高的效率、较短的导通和关断时间以及更快的开关转换，导致谐波含量更高。所有其他参数（如开关容量和转换时间）保持不变时，开关频率每增加一倍，EMI便恶化6dB。如果开关频率增加10倍，宽带EMI性能就会像一阶高通滤波器一样，辐射增加20dB。

精明的PCB设计人员会将热环路变小，并让屏蔽接地层尽可能靠近有源层。尽管如此，器件引脚排列、封装结构、散热设计的需求以及在去耦元件中储存充足能量所需的封装尺寸都要求尽可能减小热环路。在典型平面印刷电路板设计中更为复杂的是，由于频率越高，不良的磁耦合或天线耦合就越显著，因此走线之间高于30 MHz的磁性或变压器式耦合会削弱所有滤波器的作用。

当多个直流/直流开关模式稳压器并联，以实现均流和更高的输出功率时，潜在的干扰和噪声问题可能会变得更加严重。如果所有的稳压器都以类似的频率工作（开关），那么电路中多个稳压器产生的综合能量就会集中在该频率及其谐波上。对于PC板上的其他IC和其他系统板这种能量的存在可能会成为一个难以解决的问题，器件间靠得很近，易受到这种辐射能量的影响。在汽车系统中，因元器件密集，且经常与音频、射频、CAN总线以及各种接收系统靠得很近，这种问题尤其令人担忧。