

# 最大限度地减小在汽车环境中的 EMI

凌力尔特公司 Tony Armstrong Christian Kück

印刷电路板布局决定着所有电源的成败，决定着功能、电磁干扰(EMI)和受热时的表现。开关电源布局不是魔术，并不难，只不过在最初设计阶段，可能常常被忽视。然而，因为功能和 EMI 要求都要必须满足，所以对电源功能稳定性有益的安排也常常有利于降低EMI辐射，那么晚做不如早做。还应该提到的是，从一开始就设计一个好的布局不会增加任何费用，实际上还可以节省费用，因为无须 EMI 滤波器、机械屏蔽、花间进行EMI测试和修改PC板。

此外，当为了实现均流和更大的输出功率而并联多个DC/DC开关模式稳压器时，潜在的干扰和噪声问题可能恶化。如果所有稳压器都以相似的频率工作(开关)，那么电路中多个稳压器产生的总能量就会集中在一个频率上。这种能量的存在可能成为一个令人担忧的问题，尤其是如果该PC板以及其他系统板上其余的IC相互靠得很近，易于受到这种辐射能量影响时。在汽车系统中，这一问题可能尤其麻烦，因为汽车系统是密集排列的，而且常常靠近音频、RF、CAN总线和各种雷达系统。

## 应对开关稳压器噪声辐射问题

在汽车环境中，常常在重视散热和效率的区域采用开关稳压器来取代线性稳压器。此外，开关稳压器一般是输入电源总线上的第一个有源组件，因此对整个转换器电路的EMI性能有显著影响。

EMI辐射有两种类型：传导型和辐射型。传导型 EMI 取决于连接到一个产品的导线和电路走线。既然噪声局限于方案设计中特定的终端或连接器，那么通过前述的良好布局或滤波器设计，常常在开发过程的早期，就可以保证符合传导型EMI 要求。

然而，辐射型EMI却另当别论了。电路板上携带电流的所有组成部分都辐射一个电磁场。电路板上的每一条走线都是一个天线，每一个铜平面都是一个谐振器。除了纯正弦波或DC电压，任何信号都产生覆盖整个信号频谱的噪声。即使经过仔细设计，在系统接受测试之前，设计师也永远不会真正知道辐射型EMI将有多么严重。而且在设计基本完成以前，不可能正式进行辐射EMI测试。

滤波器可以在某个频率上或整个频率范围内衰减强度以降低EMI。部

分能量通过空间(辐射)传播，因此可增设金属屏蔽和磁屏蔽来衰减。而在PCB走线上(传导)的那部分则可通过增设铁氧体磁珠和其他滤波器来加以控制。EMI 不可能彻底消除，但是可以衰减到其他通信及数字组件可接受的水平。此外，几家监管机构强制执行一些标准以确保符合EMI要求。

采用表面贴装技术的新式输入滤波器组件的性能好于通孔组件。不过，这种改进被开关稳压器开关工作频率的提高抵消了。更快速的开关转换产生了更高的效率、很短的最短接通和断开时间，因此产生了更高的谐波分量。在开关容量和转换时间等所有其他参数保持不变的情况下，开关频率每增大一倍，EMI就恶化6dB。宽带EMI的表现就像一个一阶高通滤波器一样，如果开关频率提高10倍，就会增加20dB辐射。

有经验的PCB设计师会将热点环路设计得很小，并让屏蔽地层尽可能靠近有源层。然而，器件引出脚配置、封装构造、热设计要求以及在去耦组件中存储充足的能量所需的封装尺寸决定了热点环路的最小尺寸。使问题更加复杂的是，在典型的平面印

刷电路板中，走线之间高于 30MHz 的磁或变压器型耦合将抵消所有滤波器的努力，因为谐波频率越高，不想要的磁耦合就变得越加有效。

### 应对这些EMI问题的全新解决方案

可靠和真正应对 EMI 问题的解决方案是，将整个电路放在屏蔽盒中。当然，这么做增加了成本、增大了所需电路板空间、使热量管理和测试更加困难并导致额外的组装费用。另一种经常采用的方法是减缓开关边沿。这么做会产生一种不想要的结果，这就是降低效率、增大最短接通和断开时间、产生有关的死区时间，有损于电流控制环路可能达到的速度。

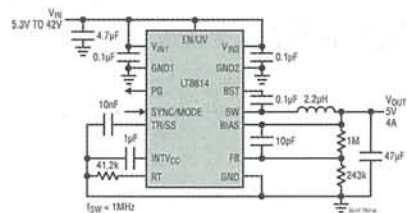


图1 LT8614 Silent Switcher最大限度地减小了EMI/EMC辐射

LT8614 Silent Switcher 稳压器无须使用屏蔽盒，却能提供想要的屏蔽盒效果，因此消除了上述缺点（见图1）。LT8614 还具有世界级的低 IQ，工作电流仅为  $2.5\mu\text{A}$ 。这是该器件在无负载稳压状态时消耗的总电源电流。

该器件的超低压差电压仅受到内部顶端开关的限制。与其他解决方案不同，LT8614 的 RDSON 不受最大占空比和最短断开时间限制。该器件在出现压差时跳过开关断开周期，仅

执行所需的最短断开周期，以保持内部顶端开关升级电压持续提供，如图6所示。

同时，LT8614的最低输入工作电压典型值仅为2.9V(最高3.4V)，从而使该器件能在有压差时提供3.3V轨。在大电流时LT8614比LT8610/11的效率更高，因为其总的开关电阻较小。该器件还可以同步至200kHz~3MHz的外部频率。

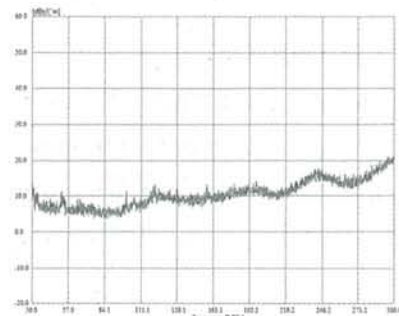


图2 LT8614电路板CISPR25辐射测量所得结果

该器件的AC开关损耗很低，因此它能够以高开关频率工作而效率损失最小。在对EMI敏感的应用中(诸如在许多汽车环境中常见的那些应用)可以实现良好的平衡，而且LT8614能够在低于AM频带(以实现甚至更低的EMI)或高于AM频带的频率上工作。在工作开关频率为700kHz的设置中，标准LT8614演示电路板不超过CISPR25-Calls 5测量结果的噪声层。

为了比较采用Silent Switcher技术的LT8614和另一种目前最新的开关稳压器LT8610，对LT8614和LT8610进行了测试。该测试是在GTEM单元中进行的，对两款器件的测量采用了

标准演示电路板以及相同的负载、输入电压和相同的电感器。

可以看到，与LT8610已经非常好的EMI性能相比，采用LT8614 Silent Switcher技术的LT8614实现了多达20dB的改进，尤其是在更难以管理的高频区。这使得可以实现更简单、更紧凑的设计，与其他敏感系统相比，在总体设计上，LT8614开关电源对滤波的要求更低。

在时间域，LT8614 在开关节点边沿上表现得非常好，如图4所示。即使在每格4ns的情况下，LT8614 Silent Switcher稳压器显示出非常小的振铃(见图3通道2)。LT8610的振铃也很好地衰减了(见图3通道1)，但是可以看到这与LT8614(通道2)相比，LT8610热点环路存储了较高能量。

图5显示了13.2V输入的开关节点

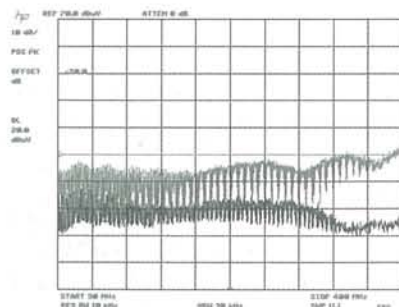


图3 LT8614和LT8610对比测试

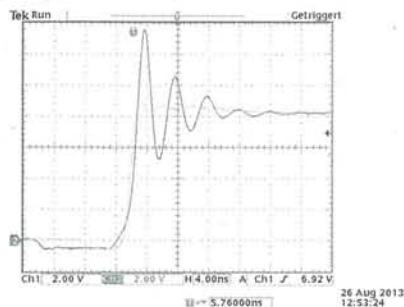


图4 通道1: LT8610, 通道2: LT8614

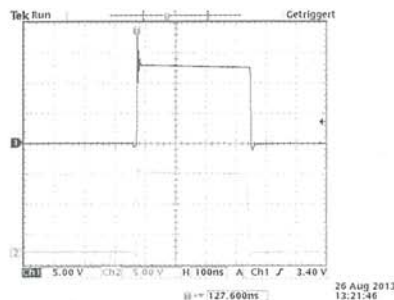


图5 通道1: LT8610, 通道2: LT8614

点。可以看到, LT8614与理想方波的偏离极小, 如通道2所示。图3、4和5中的所有时间域测量结果都是用500MHz Tektronix P6139A探头测得的, 封闭的探头尖端屏蔽罩连接至PCB GND平面, 测试均在标准演示电路板上进行。

除了面向汽车环境的42V绝对最

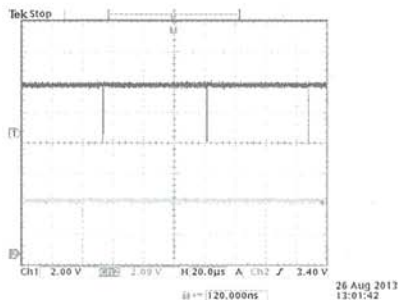


图6 通道1: LT8610, 通道2: LT8614

大输入电压额定值, 器件的压差表现也非常重要。常常需要支持至关重要的3.3V逻辑电源以应对冷车发动情况。在这种情况下, LT8614 Silent Switcher稳压器保持接近LT861x系列的理想表现。LT8610/11/14器件不是像其他器件那样提供更高的欠压闭锁电压和最大占空比钳位, 而是以低至

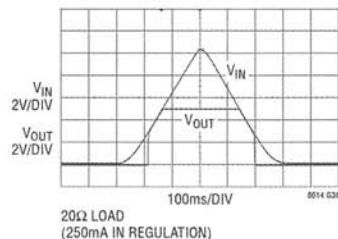


图7 LT8614压差表现

3.4V的电压工作, 而且只要有必要, 就跳过若干周期, 如图6所示。这样就产生了理想的压差表现, 如图7所示。

LT8614的最短接通时间为非常短的30ns, 即使在高开关频率时, 这也允许大的降压比。因此, 该器件可以从高达42V的输入, 经过单次降压提供逻辑内核电压。