

# 利用有源滤波器控制EMI， 节省PCB空间并增强散热的气流

作者：产品市场经理Chester Firek  
2004年6月



## 由于空间缩小，增加了干扰的可能性。

在电子行业中，在更小空间里融入更多功能的更小型器件的趋势有增无减。由于空间缩小，随着高密度PCB和机架中的系统容纳了更多的功能，器件之间潜在的干扰增加了。随着频率的上升和电压水平下降，传导EMI的控制成为了一个更重要的设计任务。

EMI控制是一个复杂的设计任务，高度依赖于许多设计元素，使用有源和无源滤波器来管理传导噪声。与无源解决方案相比，有源EMI滤波器可减小共模扼流圈的体积—滤波器可以采用1”×1”×0.2”封装—提供一个低高度、表面贴装器件。较小尺寸可节省宝贵的PCB空间，同时降低高度，增强气流实现更好的热管理。

有源EMI滤波器（图1中标记为QPI）可衰减传导辐射标准EN55022（CISPR22）要求的150kHz至30MHz频率范围的传导和差模噪声。图2显示了使用DC-DC转换器之前和之后的噪声曲线，用以说明有源滤波器的性能。曲线是采用标准测量技术获取，并根据CISPR22的定义设置的。这两个图表示的是在有负载情况下，与EN55022 Class B准峰值检测限值与标准DC-DC转换器的总噪声频谱。该曲线显示，有源滤波器可有效减少远低于所需范围的总传导噪声频谱。

图1:

DC-DC转换器的有源EMI  
滤波器（标记为QPI）  
典型框图。C<sub>IN</sub>和C1、C2、  
C3和C4的值通常是由转换  
器制造商推荐的

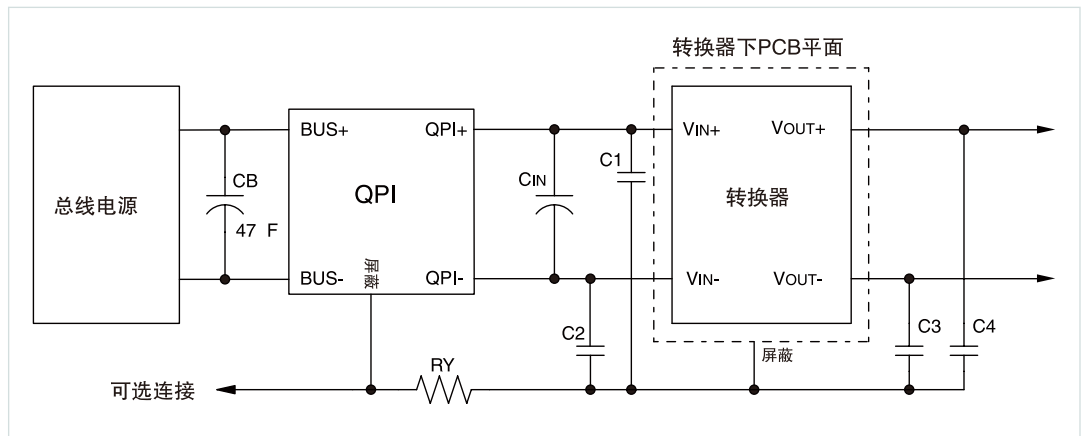
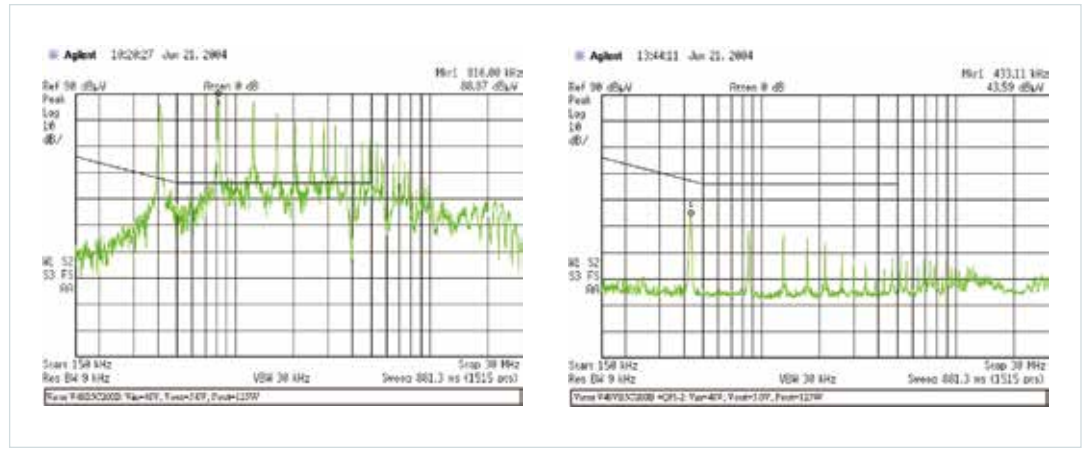


图2:

不带滤波器（左）和带有源EMI滤波器（右）的DC-DC转换器传导EMI分布

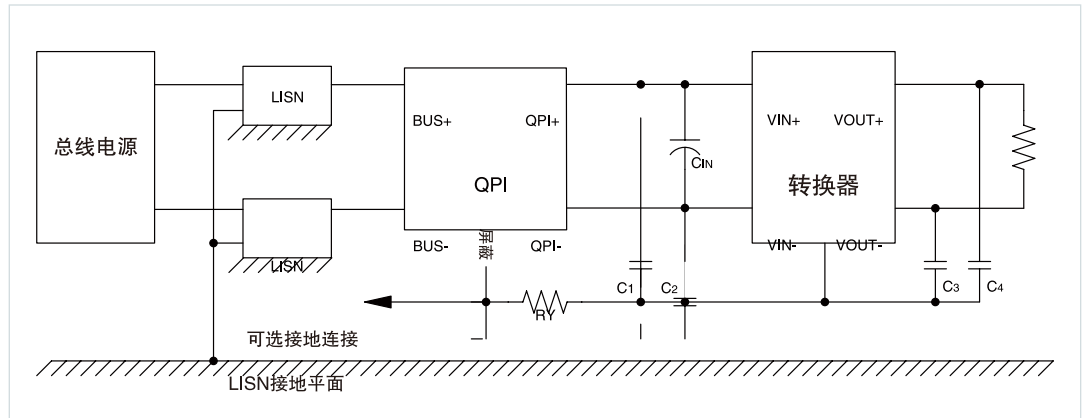


设计人员应注意，要选择和验证EMI滤波器的传导噪声，必须在适用的EMI标准规定的设置和条件下测试其产品中的滤波器。滤波器的选择或设计必须基于预滤波噪声幅值和所关注的频谱。一个产品的传导噪声分布包括差模噪声和共模噪声。它可能还包括取决于EUT屏蔽和测量设置的电缆屏蔽辐射噪声。IEC（国际电工委员会）规范CISPR16-2-1描述了传导干扰测量的方法。

应用中的滤波器性能高度依赖于输入总线和负载阻抗，不能仅从零偏置50Ω插入损耗数据来推算。最终噪声情况是滤波器元件、设备接地、噪声源阻抗的一个复杂函数，在其频谱范围内它的幅度和相位是变化的。

图3:

频谱分析仪测试设置（QPI和转换器位于地平面5mm以上）



有源EMI滤波器可通过检测在总线线路中流动的共模电流，并在屏蔽平面创建一个低阻抗重新将噪声传回发生源，从而实现从150kHz到30MHz范围符合EN55022的传导噪声的有源共模衰减。当按照图1中所示连接时，控制回路将主动驱动屏蔽引脚，并将总线线路中的共模电流降低至图2中接近共模电流比衰减曲线的值。

要满足干扰标准，设计第一步是最大限度地减少噪声发生器。系统内的电源总线和参考地上测得的传导噪声源最常见的原因是电源转换部分，而较小程度是其他噪声源，如数据I/O线或PWM风扇电机驱动电路。

利用砖型转换器，某些拓扑结构和制造商的产品可产生比其他转换器更少的噪声。转换器的基线噪声知识至关重要。接下来的步骤是最大限度地减少到电源的噪声源耦合路径。大多数DC-DC转换器制造商都建议用无源元件去耦，并通过PCB接地平面屏蔽。即使是最好的低噪声转换器，通常也需要额外滤波和去耦以通过符合性测试，尤其是EN55022 Class B限值。

传导噪声由差模和共模噪声两部分构成。差模噪声是由输入差动电流的AC分量在电源总线上产生的，而输入差动电流是由变化的输入电流引起的，为转换器提供了输入功率。所产生的差模电流在CISPR16-2-1中被定义为对称电压。

大多数转换器制造商规定一个最小输入电容 ( $C_{IN}$ ) 为稳定运行提供低输入源阻抗。所推荐的大容值电解电容在转换器基频谐波频率下不具备低阻抗，因此，具有良好高频特性的低值电容应与输入电解电容并联使用。即使如此，一些差模AC电流仍将从总线流出，在总线线路中产生差模噪声电流。

为了满足最低级别的Class B规范，在传导EMI频率范围内的差模电流应小于21dB  $\mu$ A。这相当于跨接在50  $\Omega$  阻抗上55dB  $\mu$ V或562  $\mu$ V或rms电压。总线线路的长度可以取决于系统安装。为了减轻这个变量的影响，电容器CB (图1) 应为QPI提供一个低源阻抗，从而最大限度地减少了从转换器的输出至QPI反射的瞬态负载过程中的输入电流变化。总线线路寄生电感和CB对差模噪声电流形成了额外滤波。

在CISPR16-2-1中电源总线上的共模噪声被定义为非对称电压。CISPR16-2-1还将共模干扰描述为主要在信号和控制线上测得的干扰。有源滤波器设计可以解决电源总线上的共模噪声问题。

共模噪声是由高dV/dt电场 (通常在初级侧开关)、次级侧整流器和功率变压器寄生电容引起的。由转换器中的高dI/dt引起的功率磁性元件和寄生电感的磁场也是共模噪声源。这些电场磁场所产生的所有噪声电流都必须返回其源头。电场的最佳做法是用电容器提供返回路径——通常简称为“Y”电容——通过一个共屏蔽接地平面。

对于符合性测试，线路阻抗稳定网络 (LISN) 的接地平面提供了返回路径，如图3的测试电路所示。在一致性测试中，共模电流过bus+和bus-的LISN的50  $\Omega$  测量路径，通过导线连接LISN至EUT返回它们在被测设备 (EUT) 中的源头。

对于一个具体系统，CISPR22测试限值是指定频谱上的总噪声。导致符合性故障的差模噪声或共模噪声分量一般都必须进行衰减，以通过Class B极限。等级划分的细节将不在这里讨论，但是，与那些符合Class B的一般消费和便携式应用相比，基本上需要符合Class A的固定系统中允许更高的噪声水平。最近，在针对个人数据通信板卡的Advanced TCA™ PICMG® 3.0要求中，固定系统的标准已经提高到Class B传导噪声限值。

也有不同检测技术可影响用于通过/失败标准的这些限值。EN55022准峰值检测Class B限值是这篇文章中所有曲线的限值。

## 结论

本文中显示的结果是用图3中显示的测试配置获得的。为了大幅度缩短分析仪的扫描时间，用频谱分析仪的峰值检测选项代替了准峰值。考虑到准峰值检测测量模式的各种因素，其所测量的幅度会更低。

**Chester Firek**是Vicor公司子公司的PICOR产品营销经理。他拥有超过15年的电源行业专业经验。除了他的营销经验，他还曾担任各种应用和质量工程技术职务。Firek先生持有美国东北大学市场营销学士学位和北埃塞克斯大学工程学士学位。

