

# 有源滤波器控制 EMI、节省 PCB 空间、增强气流

Chester Firek



## 随着空间的缩小，潜在的干扰不断增大

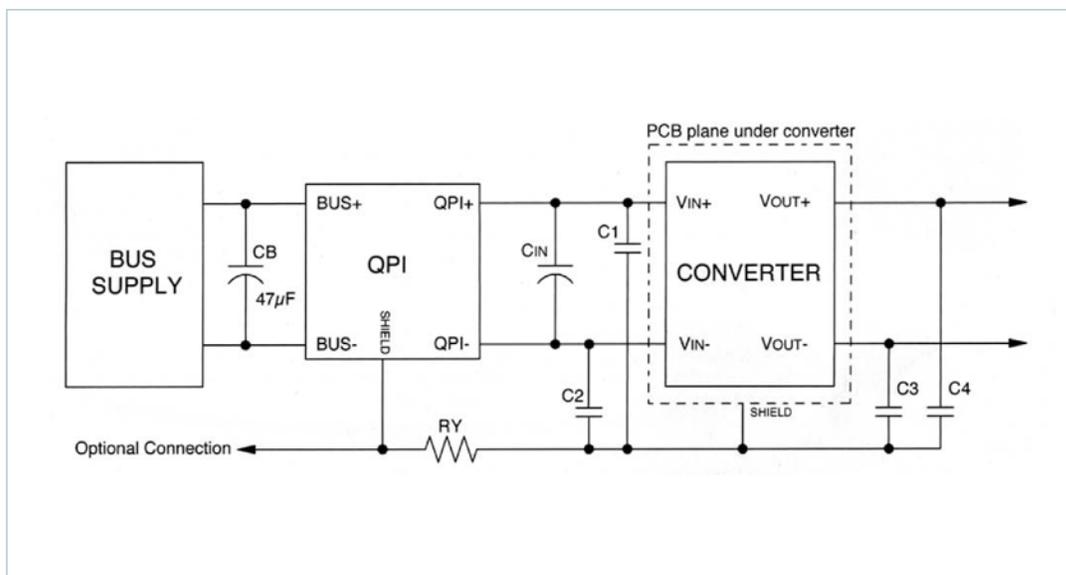
在电子行业，以更小的空间提供更多功能的更小器件的趋势有增无减。随着空间的缩小，因为由于系统会在紧密封装的电路板及机架中提供更多功能，器件之间出现干扰的可能性也在不断增加。随着频率的升高以及电压电平的下降，传导 EMI 的控制已成了一项重要程度显著增加的设计任务。

EMI 控制是一项复杂的设计任务，它依赖于大量设计元素的考量的复杂设计任务，主要利用有源及无源滤波器来管理传导噪声。与无源解决方案相比，有源 EMI 滤波器不仅可缩小共模扼流圈的体积，可以把滤波器设计在尺寸为 1 英寸 x 1 英寸 x 0.2 英寸封装之内，而且还可提供纤薄的表面贴装器件。更小的尺寸可节省宝贵的电路板基板面，更薄的厚度可增强气流，以便更好地管理散热。

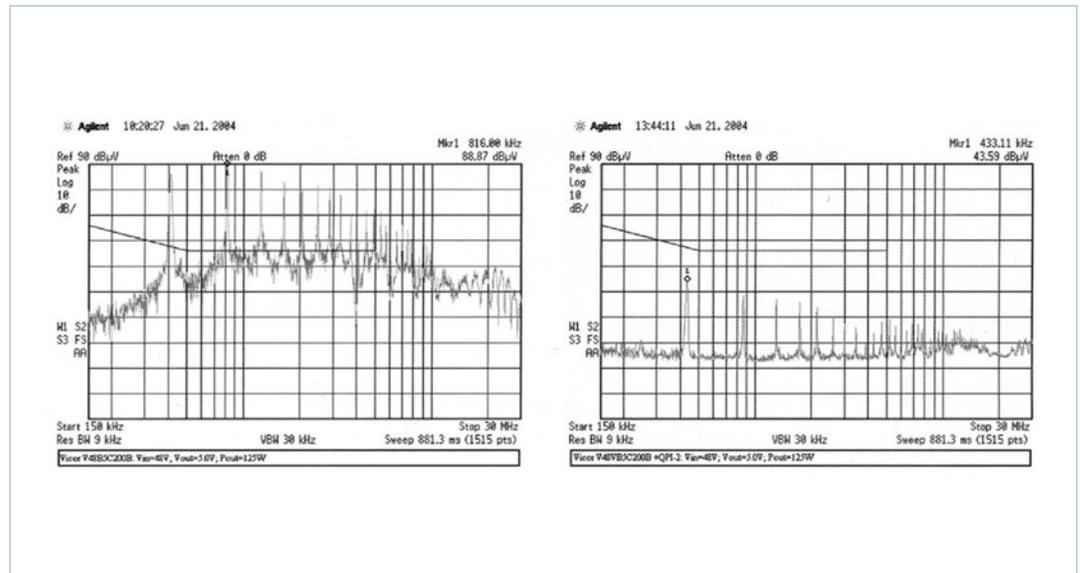
有源 EMI 滤波器（图 1 中标记为 QPI）可在传导发射标准 EN55022 (CISPR22) 要求的 150kHz 至 30MHz 的频率范围内，衰减传导模式及差分模式噪声。图 2 是 DC-DC 转换器噪声剖面的前后图，主要是说明有源滤波器的性能。这些图采用标准测量技术，按照 CISPR22 中的定义绘制。结果显示了与 EN55022 B 类准峰值检测限值相比，标准 DC-DC 转换器在负载下的总噪声频谱。该图显示，有源滤波器可有效减少总传导噪声频谱，使其远远低于所要求的限值。

图 1:

DC-DC 转换器有源 EMI 滤波器（标记为 QPI）的典型示意图。C<sub>IN</sub> 和 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 及 C<sub>4</sub> 通常是转换器制造商推荐的值。



**图2:**  
DC-DC 转换器的传导 EMI 剖面图: 左图是无滤波器的 DC-DC 转换器;  
右图是带有有源 EMI 滤波器的 DC-DC 转换器



设计人员应该明白, 要针对传导噪声选择并确定一款 EMI 滤波器, 他们必须在适用按照 EMI 测试标准去设置测试条件, 规定的设置条件下再测试其产品中的滤波器的性能。滤波器的选择或设计必须根据预先测试过滤的噪声大小以及所关注的频谱进行。产品的传导噪声剖面包括差分噪声和共模噪声。此外, 它还可能包括辐射噪声, 这取决于测量设置中的被测设备屏蔽及电缆屏蔽情况。国际电工委员会 (IEC) 规范 CISPR 16-2-1 介绍了传导干扰的测量方法。

应用中的滤波器性能主要取决于输入母线和负载阻抗, 不能只从零偏置 50 欧插入损耗数据来推算。最终噪声性能是滤波器元件、设备接地和噪声源阻抗的复杂函数, 它们在所关注频谱上的大小和相位不同。

有源 EMI 滤波器不仅能感知母线线路中流过的共模电流, 而且还可在屏蔽层产生低阻抗, 将噪声重新循环回产生源, 从而能针对在 150kHz 至 30MHz 的 EN55022 范围内传导的噪声提供有源共模衰减。按照图 1 所示方式连接时, 控制环路会主动驱动屏蔽引脚, 将母线线路中的共模电流降低至接近图 2 所示共模电流比衰减曲线的值。

在设计过程中为了达到已实施排放传导发射标准, 第一步就是最大限度减少噪声发生器。在系统供电母线及参考接地上测得的传导噪声源通常是由电源转换部分引起的, 也有可能是由数据 I/O 线路或 PWM 风扇电机驱动器电路等其它来源引起的。

利用砖型转换器, 某些拓扑结构和制造商的产品产生的噪声要比其它产品少。了解转换器的基线噪声至关重要。下一步是最大限度减少噪声源至电源的耦合路径。大多数 DC-DC 转换器制造商推荐使用无源组件来设计去耦产品, 并通过 PCB 接地层进行屏蔽。即使是最好的低噪声转换器, 通常也需要增加滤波电路和去耦, 才能通过合规性测试, 特别是 EN55022 B 类限值。

传导噪声的两个组成部分是差模和共模噪声。差模噪声是由输入差分电流 (是改变转换器向提供输入电源的母线电源提供的输入电流引起的) 的 AC 分量在电源母线上产生的。差模电流产生的是在 CISPR 16-2-1 中定义为对称电压的电压。

大多数电源转换器制造商都规定了最小输入电容 ( $C_{IN}$ ), 以提供低输入电源阻抗, 实现稳定工作。推荐的高值电解电容在转换器基本谐波频率下没有低阻抗。因此, 具有良好高频率特征的低容值的电容器应该与电解输入电容器并联。即使采用这种方法, 一些差分 AC 电流也会从母线流出, 在母线线路中产生差模噪声电流。

要满足 B 类规范的最低要求，传导 EMI 频率范围内的差分电流应小于 21dB $\mu$ A。这在整个 50 欧姆电阻下相当于 55dB $\mu$ V 或 562 $\mu$ V 或 rms 的电压。母线线路的长度取决于系统安装。为了降低该变量的影响，电容器 CB（图 1）应该为 QPI 提供一个低电源阻抗，从而可在从转换器输出到 QPI 的位置反射出的瞬态负载期间，最大限度减少输入偏移。母线线路寄生电感和 CB 可为差分噪声电流形成更强的滤波功能。

在 CISPR 16-2-1 中，电源母线上的共模噪声定义为一种不对称的电压。此外，CISPR 16-2-1 也将共模扰动阐述为主要针对信号及控制线路测得的值。有源滤波器旨在解决电源母线上的共模噪声问题。

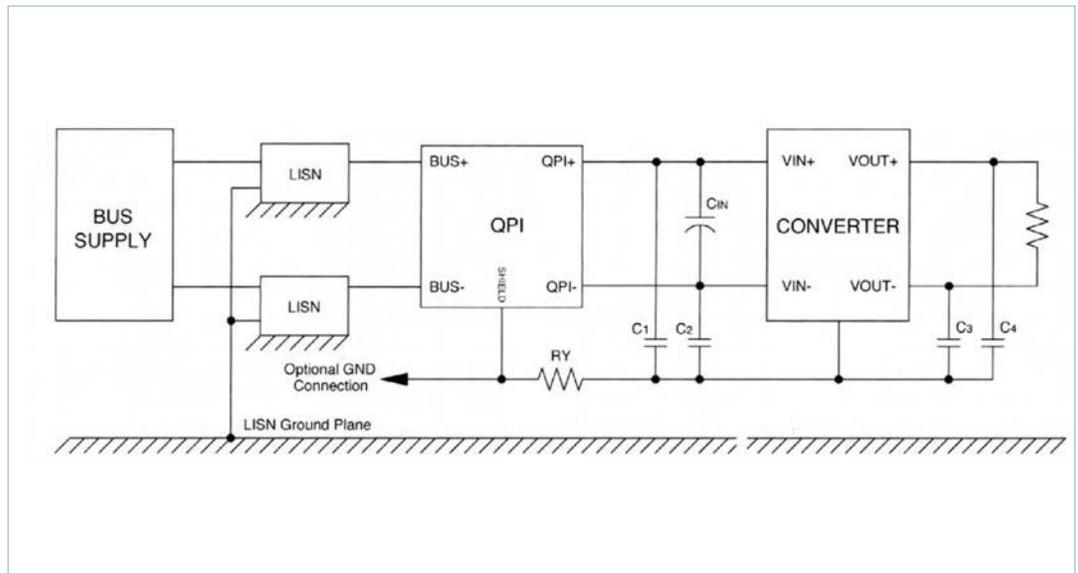
共模噪声由高 dV/dt 电场（通常在一级开关位置）、二级整流器以及电源变压器寄生电容引起。电源磁场及寄生电感（是由转换器中的高强度 dI/dt 引起的）的 B 场也是共模噪声源。这些强磁场产生的所有噪声电流必须返回其源头。对于 E 场来说，最好是通过一个通用屏蔽接地层和提供带电容器（通常称之为“Y”电容器）的组成返回路径。

对于合规性测试，线路阻抗稳定网络 (LISN) 的接地层提供如图 3 测试电路所示的返回路径（如图 3）。在合规性测试中，共模电流流过线路阻抗稳定网络的母线正负极电阻测量值为 50 欧姆的路径，被测设备中的电源通过线路阻抗稳定网络和被测设备的电线连接返回其在被测设备中的电源。

CISPR22 测试限值针对具体系统指定频谱上的总噪声。无论是差模噪声分量，还是共模噪声分量，都可能导致合规性问题，这两个分量通常都必须衰减，才能达到 B 类限值要求。分类的详细信息这里就不介绍了，但与一般消费类应用和便携式应用的 B 类规范所允许的噪声相比，基本上 A 类规范所允许的噪声都会高一些，特别是在固定系统中。在针对独特数据通信电路板的 AdvancedTCA™ PICMG® 3.0 要求中，固定系统的标准最近被提升至 B 类传导噪声限值。

也有不同的检测技术会影响是否达标所用的限值。EN55022 准峰值检测 B 类限值是本文所有图表的限值。

**图 3:**  
频谱分析仪测试设置 (QPI 和  
转换器在接地层以上 5 毫米)



---

## 结论

本文中显示的结果是使用图 3 所示的测试配置获得的。使用准峰值替代频谱分析仪的峰值检测选项，显著缩短了该分析仪的扫描时间。使用准峰值检测测量模式，将以该检测方法引入的因数降低测量幅值。

联系我们: <http://www.vicorpower.cn/zh-cn/contact-us>

**Vicor Corporation**

电话: 400 101 5482

[www.vicorpower.cn](http://www.vicorpower.cn)

**电子邮件**

客服: [vicorchina@vicorpower.com](mailto:vicorchina@vicorpower.com)

技术支持: [chinaapps@vicorpower.com](mailto:chinaapps@vicorpower.com)

©2018 Vicor 公司， 版权所有。Vicor名称是Vicor公司的注册商标。其他商标、产品名称、徽标和品牌均为其各自所有者的财产。

Rev 1.1