

应用指南

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用



CHRISTOPHER RICHARDSON, RANJITH BRAMANPALLI

1. 简介

“振铃”是指功率半导体开关打开或闭合时由寄生电感和电容导致的干扰振荡。这种电磁干扰 (EMI) 的频率范围通常在 50 到 200 Mhz 之间，并且在这些频率下，PCB 印制线以及输入与输出引线作为不必要的天线，会引起传导和辐射噪声。

由于大部分开关变换器的工作频率为 5 Mhz 或更低，且其开关谐波在达到 50 Mhz 时，功率通常非常低，因此振铃出现在辐射 EMI 扫描中作为一个单独的基本噪声源。此外，虽然开关频率及其谐波可以用离散 LC 滤波器滤波，但在 50 至 200 Mhz 时，许多滤波电感器不再具有感性，而实际上已经变成具有容性且几乎没有衰减。同样，滤波电容器通常在 50 到 200 Mhz 范围内是感性的。铁氧体磁珠之所以非常有效，是因为它们在低频率（通常低于 10 Mhz）条件下具有非常低的电阻，但是如果频率为 10 Mhz 甚至达到 1 Ghz 或更高时，其具有高的电阻损耗，具体取决于其设计与构造。此类铁氧体通常串联的接在开关变换器的输入和输出接口，也可与功率开关串联，如图 1 所示。

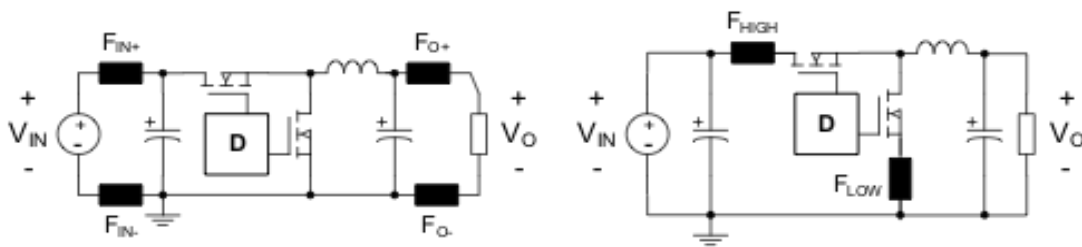


图 1:同步降压转换器中典型铁氧体磁珠的布局

通过此方式放置铁氧体的主要缺点是，强电流会通过铁氧体，因此设备的额定电流值必须能够满足直流电阻 (DCR) 中的这些电流损耗以及设备将高频率振铃电流转换成热量时的损耗。高频率电流的损耗之所以很难估算或模拟，是因为波形几乎完全取决于寄生参数。因此，尤其是通常所选的铁氧体磁珠具有的额定电流值是即将通过铁氧体磁珠的实际最大电流值的两倍。在低功率时，虽然可使用高性价比的表面贴装器件，但是随着功率增加，可能需要并联大型铁氧体，这样做会更多的占用电路板的面积并增加成本。

此应用说明表明，如何将小尺寸 0603 或 0805 铁氧体磁珠用于降低同步降压变换器中高侧 MOSFET 的开关转换的压摆率。尤其是，在稍微增加转换损耗的同时减缓增加的压摆率将获取极好的结果。通常可通过仔细选择和调整与串联 MOSFET 栅极的电阻或栅极驱动电路的正向电源电压来完成。然而，与电阻器的尺寸相同的铁氧体磁珠一样出色或更好，可从产品的数据手册中选择铁氧体磁珠，这样减少了花在实验室的时间。

2. 放置一个转换限制元件

一个压摆率限制元件的两种可能位置如图 2 所示：与高侧 MOSFET 的栅极串联或与自举升压串联。自举升压位置仅限制上升压摆率。这节省了功耗，因为每一个周期只有一个开关转换减慢，当转换速率降低时，开关损耗增加。同样，可避免两个 MOSFET 同时打开时出现的击穿现象。当减缓同步降压转换器中控制 MOSFET 的下降压摆率时，此情况可能会出现。此外，鉴于只有将功率 MOSFET 与控制 IC 分开时才能使用栅极电

应用指南

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用



阻，对于具有内部 MOSFET 的大部分降压调节器而言，用户可使用自举升压的引脚，使得此技术适用于更多控制 IC。

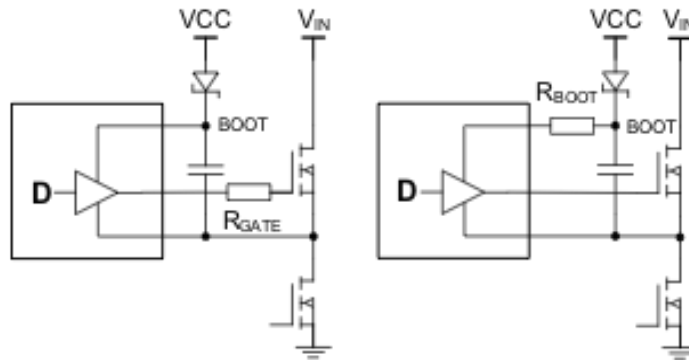


图 2：栅极电阻可同时减缓上升和下降，但自举电阻器只能减缓上升

3. 选择适当的铁氧体磁珠

对于此应用说明，示例电路是采用了线性技术的 LTC3703 同步降压控制器的 DC501A 演示板。简化电路图如图 3 所示。

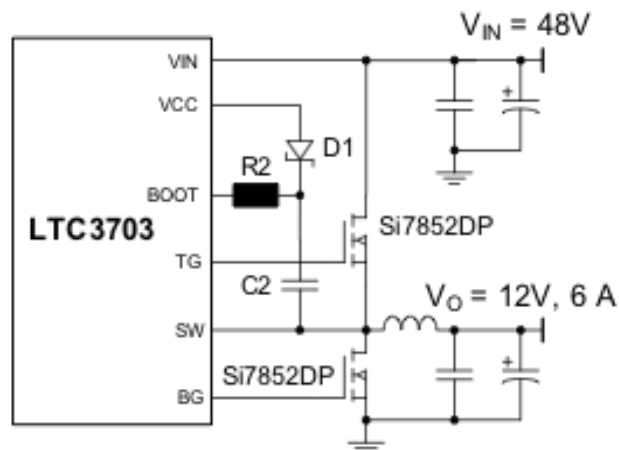


图 3: 呈现出自举升压与压摆率元件 (R2) 的简化 DC501 演示板

3.1. 电阻值最大的铁氧体产生的结果最好

Würth Elektronik WECBF 系列的表面贴装铁氧体磁珠的尺寸范围在 0402 到 1812 之间，0603 系列的大批量生产使得人们可负担起这些铁氧体磁珠。（注：有了 WETMSB 系列，也可获取极少的 0201 铁氧体磁珠。）虽然它们的尺寸小，但是在 150 MHz 频率处具有最高阻值的 0603 系列成员可处理 50 mA 的平均电流，还可处理此示例中约为 5 mA 的驱动电流。

当把没有压摆率控制的原始电路与插入了 16.2Ω 的标准电阻器、插入了一个 74279265 铁氧体磁珠（尺寸为 0603，在 150 MHz 条件下的电阻额定值为 600Ω ）、插入了一个 742792693 铁氧体磁珠（尺寸也为 0603，

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用

在 100 Mhz 条件下的电阻额定值为 2200 Ω ；在 150 Mhz 条件下，电阻约为 1500 Ω ）的电路相比时，振铃频率下阻值最大的器件提供的非必要振荡的振幅与持续时间的减少量最大，正如图 4 所示。选择此部件的简单方法是参考产品数据表。

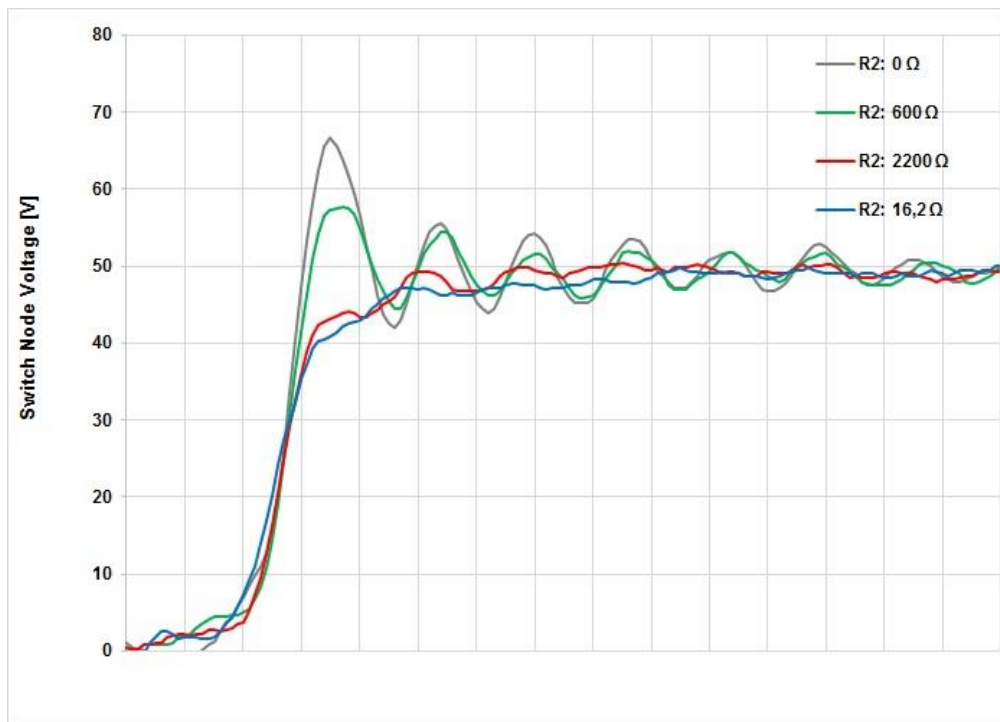


图 4:开关节点电压的比较

3.2. 功率损耗与耗散

压摆率控制是在减少 EMI 与增加损耗之间进行协调。将开关转换减慢太多不但会导致功率 MOSFET 过热，也可将整体功率效率降低到不可接受水平。没有压摆率控制的测试电路、将 R2 设置调谐电阻为 16.2 Ω 的测试电路以及具有两个上述铁氧体磁珠的测试电路的相对输入电流与功效如下表所示。

应用指南

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用



压摆率元件 R2	输入电流 (mA)	输入电压 (V)	输出电压 (V)	输出电流 (mA)	功率效率 (%)
零 欧姆 厚膜分路器	1600	48	12	6000	93.8
0603 16,2 Ω 厚膜电阻器	1614	48	12	6000	92.9
0603, 600 Ω 铁氧体 74279265	1609	48	12	6000	93.2
0603, 2200 Ω 铁氧体 742792693	1612	48	12	6000	93.1

输入电流和功效与压摆率控制元件之间的关系

虽然为改善 EMC 必须损耗少量功率，但是标称 2200 Ω 铁氧体比调谐电阻器更有效。

3.3. 辐射 EMI 扫描

按照 EN55022 (IT 设备中的 EMC 的欧盟标准) DC501A 评估板对辐射 EMI 扫描的响应如下表所示。

频率 (MHz)	R2 = 0		R2 = 16.2 Ω		R2 = 600 Ω 0603 铁氧体		R2 = 2200 Ω 0603 铁氧体	
	准峰值 (dB μ V/m)	平均值 (dB μ V/m)	准峰值 (dB μ V/m)	平均值 (dB μ V/m)	准峰值 (dB μ V/m)	平均值 (dB μ V/m)	准峰值 (dB μ V/m)	平均值 (dB μ V/m)
149.989	51.01	40.56	41.33	31.11	49.03	40.30	39.16	29.67
150.086	50.42	46.33	40.47	36.82	49.18	44.55	38.90	30.63
150.183	50.62	41.16	40.95	29.65	48.96	38.60	38.01	30.57

讨论了各种压摆率部件在 150 Mhz 频率范围中的辐射 EMI

图 5 显示了从 30 到 1000MHz (对数刻度) 的频率不同的转换速率控制元件获得的 EMI 辐射测量的图形 (对数尺度)。对于 150 Mhz 以上的频率, 2200 Ω 铁氧体磁珠效果最佳。

应用指南

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用

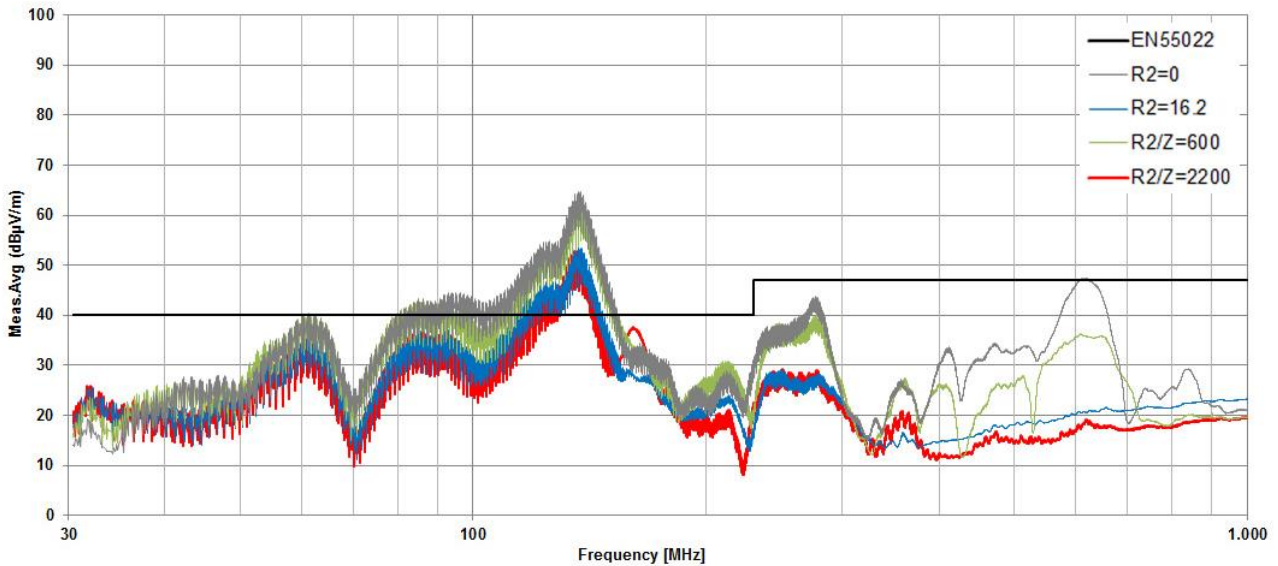


图 5:DC501A 的辐射 EMI 扫描比较

4. 低侧栅极驱动器中的打开与关闭控制

虽然可将压摆率控制应用于开关转换器的栅极引脚中，但是在把任何类型的压摆率控制元件与 MOSFET 或 IGBT 串联时必须小心。具有高侧开关的其它拓扑结构包括双开关正激变换器、半桥变换器和全桥变换器。对于所有这些拓扑结构，应让栅极控制与浮置栅极驱动器的正极串联。然而，这些拓扑结构的每个结构也至少包括一个低侧开关，而升压转换器、逆向变换器、正向变换器与推挽式变换器都只采用低侧开关。通常，上升沿需要控制，而允许下降沿快速转换。虽然一些 IC 具有针对低侧开关驱动器正极的专用引脚，但是在大部分情况中，最好的解决方案是让小型肖特基二极管与压摆率控制元件并联以及将两者连接至栅极，正如图 5 所示。

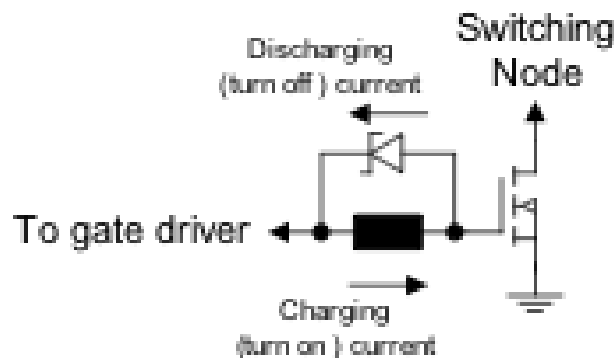


图 6:反平行肖特基二极管使得可打开控制而不影响低侧栅极驱动电路中的关闭

应用指南

开关转换器中振铃控制用铁氧体磁珠的选择与使用



5. 结论

铁氧体磁珠与降压调节器的自举引脚串联在一起，可以构成出色的振铃控制元件，且应用适当时，它们可以用于处理高频率噪声源，而无需占据太多 PCB 面积以及无需大量牺牲功效。它们比调谐电阻器优越的地方在于易于选择以及缩短了设计它们所需时间。虽然 0603 铁氧体磁珠的成本略高于 0603 厚膜电阻器，但在开关转换器的输入和输出使用更小，更轻，更廉价的滤波器的条件下，0603 铁氧体磁珠对于 EMC 的改进可完全抵消其略高的成本。让缓冲电路与开关元件串联或并联无需消耗太多功率，这也提高了功效，保持较低的温度，以及节省了费用和 PCB 面积。

一些有用的链接

应用说明：

<http://www.we-online.com/app-notes>

组件选择器：

<http://www.we-online.com/component-selector>

工具箱：

<http://www.we-online.com/toolbox>

产品目录：

<Http://katalog.we-online.de/en/>

联系信息

Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Max-Eyth-Str.1, 74638 Waldenburg, Germany

电话：+49 (0) 7942 / 945 – 0

电子邮件：appnotes@we-online.de

网站：<http://www.we-online.com>