

电感啸叫的原因及对策

引言

随着电子设备的功能不断强化，DC-DC 转换器的功率电感器也成为了噪音发生源之一。由于 DC-DC 转换器的开关频率在数百千赫兹 ~ 数兆赫兹，该频率振动超出了人耳可听范围，因此通常情况下人耳不会感受到噪音。

在一些 DC-DC 转换器的应用中，功率电感器会发出尖锐的啸叫声，这是由于功率电感器因多种因素造成的振动，且此振动频率刚好在 20Hz~20KHz 人耳可听闻范围内。一般情况下，DC-DC 转换器受到噪声干扰、DC-DC 转换器进行间歇工作、DC-DC 转换器轻载工作模式、功率电感材质不佳等情况会导致功率电感器的啸叫。

DC-DC 转换器中功率电感器的作用

功率电感器是降压型和升压型 DC-DC 转换器的主要元件，通过与电容器协作，使 DC-DC 转换器内功率管 ON/OFF 时所产生的高频脉冲变得更为平滑，而对于交流电流等发生变化的电流具有抑制作用，在 DC-DC 转换器内功率管导通时功率电感器将电能转换为磁能并储存起来，并在功率管关断时将磁能再次转换成电能。

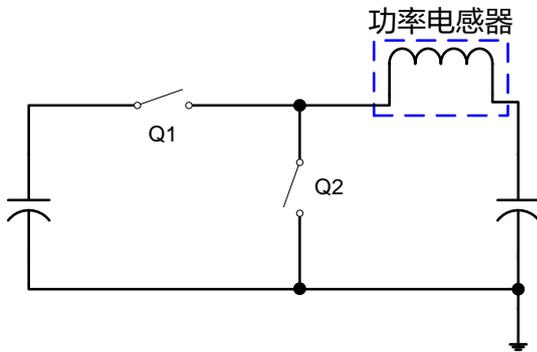


图 1.DC-DC 降压转换器

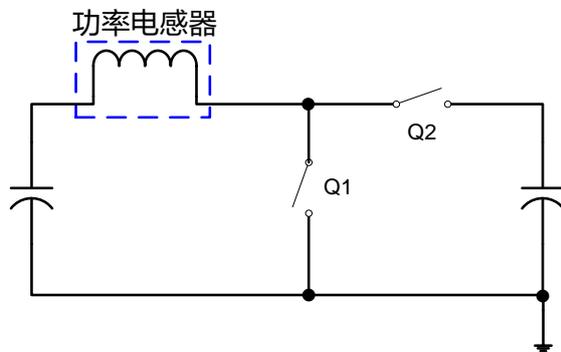


图 2.DC-DC 升压转换器

功率电感器啸叫的原因

噪声干扰导致的啸叫

PCB 走线对于 DC-DC 转换器的性能发挥着举足轻重的作用，PCB 板走线不佳往往会造成较大的噪声干扰，导致 DC-DC 转换器的开关波形存在紊乱现象，这会使得功率电感器发生异常振动继而导致啸叫现象的发生。

DC-DC 转换器 PWM 调光时导致的啸叫

移动设备液晶显示器出于节能目的，会根据使用环境的照明度对背光亮度进行 PWM 调光，从而延长电池使用时间。某些 PWM 调光方案会在 LED 两端串联功率管，通过几百 Hz 左右较低的频率使功率管不断开关来进行亮灯/熄灭操作达到调整 LED 亮度的功能，但由于几百 Hz 的频率处于人耳可听频率中，因此在此类 PWM 调光方案中功率电感器会出现啸叫。

DC-DC 转换器轻载工作模式导致的啸叫

PFM(脉冲调频)方式的 DC-DC 转换器在负载变轻时为提高转换效率，通常情况下会将开关频率逐渐降低。若是轻载时 DC-DC 转换器降低后的频率在 20kHz 内，此时功率电感器也会发生啸叫。

功率电感器材质和工艺问题导致的啸叫

电感啸叫的本质是功率电感器振动频率在人耳可听的范围内，振动主体为电感磁芯和线圈。若是电感磁芯的磁致伸缩系数较大或者电感没有均匀浸渍，会进一步导致电感啸叫放大。若是电感磁芯的磁致伸缩系数趋近于 0 且电感均匀浸渍，即可使功率电感器上的啸叫大幅度降低或者消失。

功率电感器振动的原因

磁芯磁致伸缩产生的振动

磁芯上绕有线圈流过电流时会产生交变的磁场，在交变磁场作用下，磁芯将会反复伸缩变化并产生机械振动。磁芯的外形变化极其微小，约为原尺寸的 1 万分之 1~100 万分之 1，这个变化的过程称为磁致伸缩。当功率电感器焊接至 PCB 板上

时，磁芯磁致伸缩产生的振动将会被进一步放大。

磁芯磁化导致相互吸引产生的振动

磁芯被外部磁场磁化时会表现出磁铁性质，交变电流产生的磁场会磁化功率电感器的磁芯，磁化后的磁芯和骨架会因磁力而相互吸引产生振动。

线圈绕组产生的振动

在功率电感器漏磁通形成的磁场中，根据弗莱明左手定律，当线圈绕组上流过电流时，力会作用于线圈绕组上，从而产生振动。

功率电感器啸叫改善对策

功率电感器的振动在 20Hz~20KHz 人耳可听范围内时，功率电感出现啸叫，下面对 DC-DC 转换器的功率电感器啸叫对策进行总结：

啸叫原因	改善对策
DC-DC 转换器受到噪声干扰导致的啸叫	优化 PCB 走线，缩短开关电流回路，避免出现大小波现象。
DC-DC 转换器 PWM 调光时间歇工作导致的啸叫	更改 PWM 调光方式或者 PWM 调光频率在 20KHz 以上。
DC-DC 转换器轻载工作模式导致的啸叫	选用 PWM 方式的 DC-DC 转换器； 选用 PFM 方式的 DC-DC 转换器需要避免轻载下开关频率低于 20KHz。
功率电感器材质和工艺问题导致的啸叫	选用磁致伸缩系数趋近于 0 的磁芯； 选用漏磁较低的磁屏蔽电感或者环形电感； 电感需要均匀浸渍，保证线圈和线圈、线圈和磁芯、磁芯和骨架间有效填充，降低发生位移振动的可能性。

表 1.功率电感器改善措施汇总表