

### 简介

本课程讲义用于PI大学视频课程 — “修复存在音频噪声的反激式电源”。在本课程中，您将了解到造成开关电源音频噪声的各种原因，以及修复噪声问题的具体步骤。

您需要知道：在开关电源中存在一些音频噪声是正常现象，如果您设计出的电源将用到密闭壳体中，那么音频噪声就不会构成问题。在确定音频噪声水平是否可接受之前，一定要先在最终壳体或产品中进行设计测试。音频噪声也可由设计中的其他因素造成（例如，振荡输出电压），因此，您首先需要确保设计并不存在易产生无法接受的噪声水平的缺陷。



如果电源装配在密闭壳体中，音频噪声就不会构成问题

### 所需设备

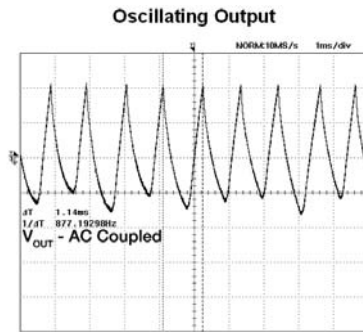
在本课程中，您将用到以下设备：

1. 一个可编程交流电源供应器或一个自耦变压器
2. 一个电子负载

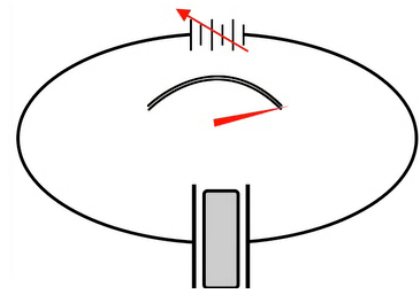
### 噪声元件

音频噪声通常由陶瓷电容或铁氧体变压器磁芯产生。陶瓷电容中的噪声通常由逆向压电效应造成。对介质结构施加电压后，会引发机械应力或应变，造成材料变形。当这种材料发生变形时，会排出周围的空气，从而造成音频噪声。

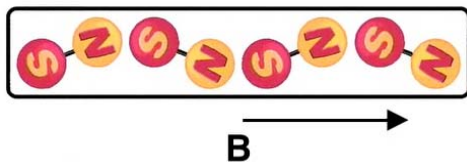
变压器磁芯所产生的噪音则由被称为磁致伸缩的类似效应造成。当受到磁场影响时，许多铁磁材料都会改变形状。随着变压器磁芯中磁场的变化，此类材料会使磁芯发生物理振动。当振动频率达到变压器的机械共振频率时，振动就会被放大，并可造成更大的音频噪声。



振荡输出可造成噪声



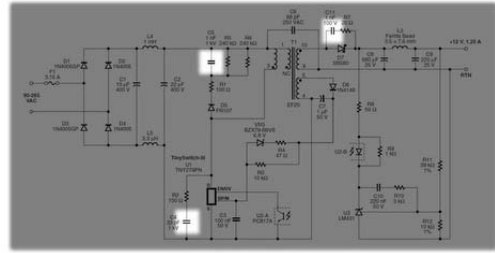
逆向压电效应会在陶瓷电容中产生噪声



磁致伸缩会在变压器磁芯中产生噪声

### 处理高噪声电容

陶瓷电容是开关电源中最常见的音频噪声源。由于这种噪声是由逆向压电效应造成，并伴随有电压摆动，因此，可以将研究锁定在  $dV/dt$  摆幅较高的陶瓷电容上。这些电容包括缓冲电容、箝位电容以及陶瓷输出电容。



存在高  $dV/dt$  摆幅的电容将会产生噪声

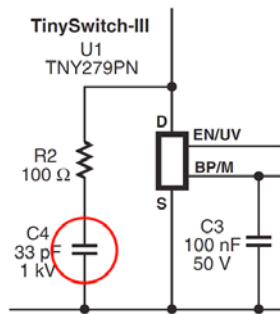
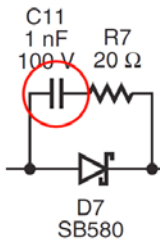
确定一个陶瓷电容是否产生噪声的一般方法

是，用一个具有相同电容值和适当电压额定值的金属膜电容来替换它。如果噪声水平下降，说明您找到了电路中的噪声源。

如果一个箝位电容正在产生噪声，可以用一个金属膜电容来彻底替换它，或者尝试使用介质材料不同的陶瓷电容，也可以更换箝位电容类型（例如，改用稳压管箝位电路）。

如果一个缓冲电容正在产生噪声，可以用一个金属膜电容来彻底替换它，也可以提高串联电阻的值，以降低电容上的  $dV/dt$  噪声。另一种方法是，改用其它介质的陶瓷电容，看噪声能否降低。

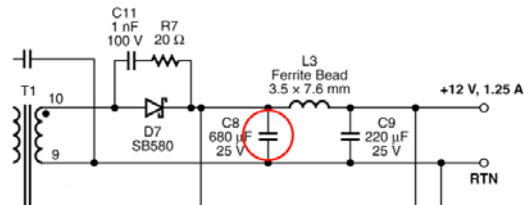
- Replace with metal film
- Increase series resistance
- Try a different dielectric



修复高噪声箝位电容的方法

- If a ceramic output capacitor is generating noise:

- Replace it with an electrolytic type
- Change to a different dielectric
- Use multiple capacitors in parallel



修复高噪声输出电容的方法

如果某个陶瓷输出电容被确定为噪声源，可以用一个电解电容来替换它，或者换用其它介质的电容。也可以用多个并行电容来替换该电容。每个电容尺寸的减小将使其表面积相应减小，从而改变电容的机械共振。

## 处理高噪声变压器

变压器是电源中另一个常见的噪声源。在诊断变压器问题之前，首先应确认其应力设计是合理的。确认输入电压及您所提供的输出负载与您在 [PI Expert](#) 规格表中输入的数据相符。如果电源的工作电压低于指定的最低输入电压，或高于指定的输出负载，那么部分输入的交流周期将会失去稳压，造成磁芯中的磁通量增大，从而产生音频噪声。

如果负载和输入电压都正确，那么请根据 [PI Expert](#) 中的指定值检查输入大容量电容的值是否正确。如果输入电容过小，直流总线电压将在交流刷新周期之间大幅降低，再次造成部分输入的交流周期失去稳压。

- Confirm it is not being stressed by an improper design
  - Verify input voltage is not too low
  - Verify output loading is not too high
- Verify input bulk capacitor value



在检测变压器问题之前先检查外部条件

- Prevents core from vibrating against the bobbin
  - Reduces audible noise
- DO NOT VACUUM IMPREGNATE
  - Vacuum impregnation significantly increases winding capacitance, reducing efficiency and increasing EMI



采用清漆浸渍可降低噪声

用清漆浸渍变压器可以防止磁芯随骨架进行振动，从而降低音频噪声。与您的供应商指定浸漆技术时，应始终采用清漆浸渍而不是真空浸渍。真空浸渍会大幅提高绕组电容，从而降低效率并使 EMI 增大。

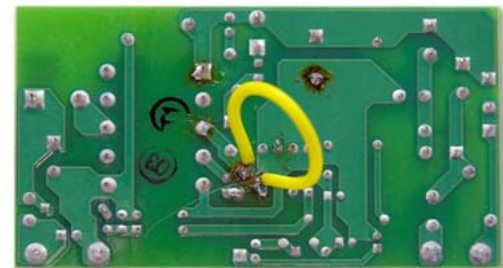
如果所用的变压器磁芯属于长型，那么请尝试用标准磁芯长度重新设计。长磁芯产品，比如与 EE 和 EER 类似的 EEL 和 EERL，都具有极低的机械谐振频率。这种低谐振频率容易增大音频噪声。请注

意，如果改用短磁芯的话，则必须使用更大的磁芯尺寸，才能提供足够的绕组窗口面积。

## 诊断脉冲束流

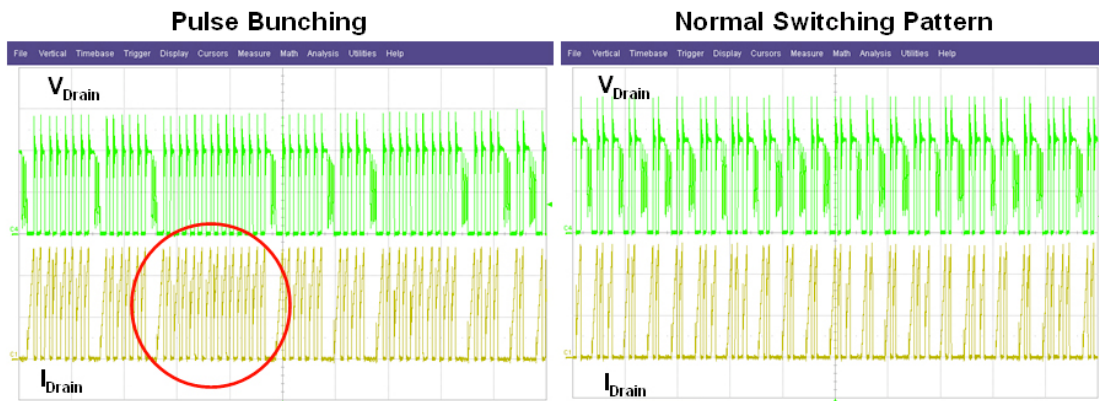
另外一种音频噪声来源是一种名为脉冲束流的现象。脉冲束流是指在有些设计中，导通电流脉冲倾向于聚集在一起，接下来是更多数量的跳脉冲。脉冲聚集会在开关模式中产生频率分量，它们通常都在听觉范围内。这种现象在采用开/关控制模式的电源中最为常见，比如使用 [TinySwitch](#) 或 [PeakSwitch](#) 设计的电源。

为确定您的电源中是否有脉冲束流存在，请断开 MOSFET 漏极走线，然后插入一个电流环路，以监测漏极电流的开关模式。有关测量漏极开关电流所需设备及方法的详细信息，请参见 PI 大学课程讲义 [漏极电压及电流的测量技巧](#)。电源在正常负载下工作时，使用一个电流探针和一个示波器抓取在一个宽时间量程内的一组漏极开关脉冲。如果看到许多脉冲连续导通，然后出现两个或更多的跳脉冲，则说明您的电源存在脉冲束流现象。



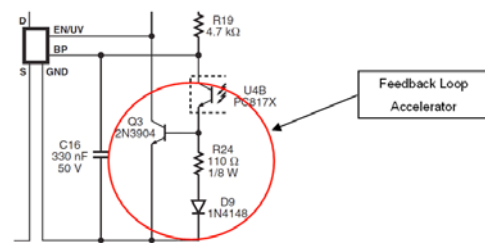
插入一个电流环路可监测脉冲束流

在下面的图例中，左侧的开关波形表现为极端脉冲束流。右侧的开关波形显示的是更为正常的开关模式，其中的导通周期和跳过周期几乎都是均匀分布的。



存在脉冲束流（左）的电路波形与具有正常开关模式（右）的电路波形比较

如果设计中存在脉冲束流，表明反馈电路过慢，导致控制器响应滞后。诊断此问题时，可以先确认反馈电路中的所有元件值是否都与 *PI Expert* 中指定的值相符。此外，尝试在设计中使用一个 D 型光耦器，这比使用标准光耦器更有好处。您可能还需要添加一个反馈环路加速电路，以缩短响应时间。该电路可以确保光耦晶体管始终在有源区工作，这样可以防止它发生饱和，并提高响应速度。



添加一个加速环路可缩短响应时间

### 有关详情

如果您对本课所提供的信息有任何疑问或看法，请发送电子邮件至：  
[PIUniversity@powerint.com](mailto:PIUniversity@powerint.com)。