

电源设计小贴士 51：了解寄生电容器

电源纹波和瞬态规格会决定所需电容器的大小，同时也会限制电容器的寄生组成设置。图 1 显示一个电容器的基本寄生组成，其由等效串联电阻（ESR）和等效串联电感（ESL）组成，并且以曲线图呈现出三种电容器（陶瓷电容器、铝质电解电容器和铝聚合物电容器）的阻抗与频率之间的关系。表1显示了用于生成这些曲线的各个值。这些值为低压（1V - 2.5V）、中等强度电流（5A）同步降压电源的典型值。

Capacitor Style	Capacitance (uF)	ESR (m-Ohm)	ESL (nH)
Ceramic	22	2	2
Aluminum Electrolytic	1000	20	5
Aluminum Polymer	220	10	5

表1：三种电容器比较情况，各有优点。

低频下，所有三种电容器均未表现出寄生分量，因为阻抗明显只与电容相关。但是，铝电解电容器阻抗停止减小，并在相对低频时开始表现出电阻特性。这种电阻特性不断增加，直到达到某个相对高频为止（电容器出现电感）。铝聚合物电容器为与理想状况不符的另一种电容器。有趣的是，它拥有低ESR，并且ESL很明显。陶瓷电容器也有低ESR，但由于其外壳尺寸更小，它的ESL小于铝聚合物和铝电解电容器。

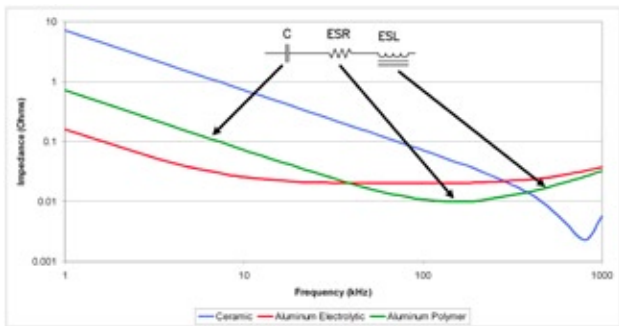


图 1 寄生对陶瓷、铝和铝聚合物电容器阻抗的改变不同

图 2 显示运作在500kHz下的连续同步调节器模拟的电源输出电容器波形。它使用图 1 所示三种电容器的主要阻抗：陶瓷电容；铝ESR；铝聚合物ESL。

红色线条为铝电解电容器，其由ESR主导。因此，纹波电压与电感纹波电流直接相关。蓝色线条代表陶瓷电容器的纹波电压，其拥有小ESL和ESR。这种情况的纹波电压为输出电感纹波电流的组成部分。由于纹波电流为线性，因此这导致一系列时间平方部分，并且外形看似正弦曲线。

最后，绿色线条代表纹波电压，其电容器阻抗由其ESL主导，例如：铝聚合物电容器等。在这种情况下，输出滤波器电感和ESL形成一个分压器。这些波形的相对相位与我们预计的一样。ESL主导时，纹波电压引导输出滤波器电感电流。ESR主导时，纹波与电流同相，而电容主导时，其延迟。现实情况下，输出纹波电压并非仅包含来自这些元件中之一的电压。相反，它是所有三个元件电压之和。因此，在纹波电压波形中都能看到其某些部分。

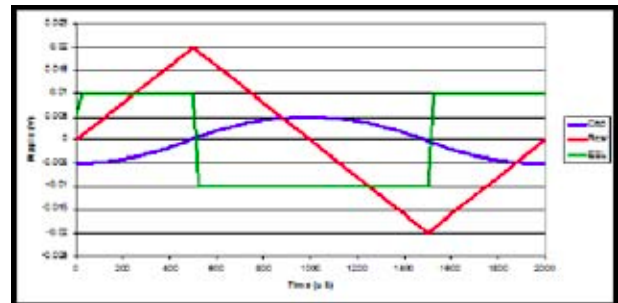


图 2 电容器及其寄生要素在连续同步降压调节器中形成不同的纹波电压

图 3 显示了一个深度连续反激或者降压调节器的波形，其输出电容器电流可以为正和负，而具体状态会不断快速变化。红色线条清楚表明了这种情况，其电压由这种电流乘以ESR得出，结果则为一种方波。电容器元件的电压为方波的组成部分。它导致线性充电和放电，如蓝色三角波形所示。最后，仅当电流在过渡期间变化时，电容器ESL的电压才明显。这种电压会非常高，取决于输出电流升时间。请注意，在这种情况下，绿色线条需除以10（假设25 nS电流过渡）。这些大电感尖峰就是在反激或降压电源中经常出现双级滤波器的众多原因之一。