

电源设计中快速完成并-串联阻抗转换的方案

本文将向您介绍如何快速地将并联阻抗转换为串联阻抗（反之亦然）。文章还说明作为频率函数的这一转换的图示看起来很像是史密斯圆图（Smith Chart）。在简化变压器等效电路或滤波器网络到两个端器件过程中，本文介绍的方法较为有用。图 1 显示了将并联电路转换为串联电路的转换方程式（推导过程请参见附录 1）。

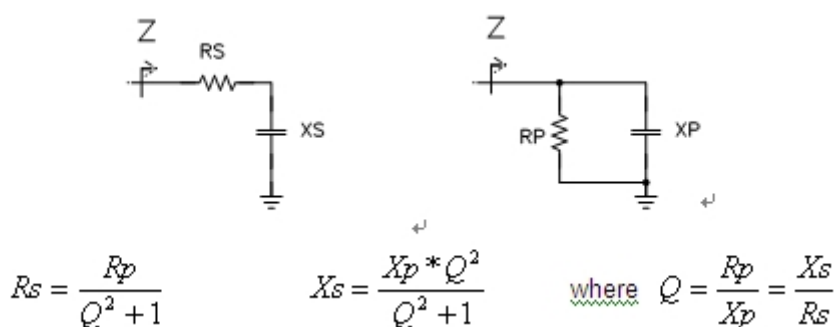


图 1：这些电路为一个频率的等效电路。

有趣的是，如果并联组件之一固定而另一个从开路到短路均不同，则这些表达式在 R_s/X_s 串联层中会形成一些圆。差异可以来自组件值的改变，也可以产生自随频率变化的组件阻抗。图 2 显示的是这些差异的举例。X 轴代表串联电阻，而 Y 轴代表串联电抗。

此处共有 2 个圆：一个代表恒定并联电阻，另一个代表恒定电抗。恒定电阻线在 X 轴附近对称。电抗在开路附近时，阻抗等于并联电阻。由于电抗降低，曲线路径沿圆圈至起点，其在电感分量时为正，而在电容分量时为负。由于电抗降低，曲线趋向于零。在 $1/2$ 并联电阻距离处，圆以 X 轴为中心，其半径相同。

另外，需要注意的是，起点和圆上某点的连线的斜率便为该电路的 Q。这就是说，最低 Q 出现时并联电抗的值更大，而最高 Q 出现时并联电抗较低。关于该圆的另一件有趣的事情是，它可以表明并联谐振 L-C-R 电路的阻抗。参考恒定并联 R 曲线，在低频率下，电感阻抗较小，而您开始于起点。随着频率上升，阻抗在首个四分之一圆内为正，直到电容电抗等于谐振电感反应（X 轴上的 1）。之后，您转入第二个四分之一圆，并绕圆继续。

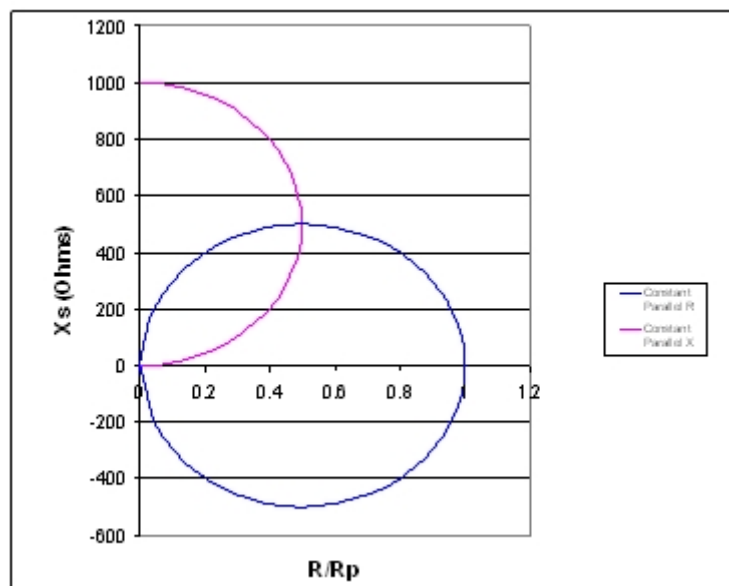


图 2: 恒定并联电阻映射为一个圆。

第二条曲线表明固定电抗和并联可变电阻的阻抗圆。它具有同恒定不变 R 曲线相同的形状，但其以 Y 轴为中心。

那么该如何使用它呢？在您需要估算电感DC电阻（DCR）和电容等效串联电阻（ESR）对电源滤波器输出阻抗影响程度时，其将会很有用处。图 3 对此进行了说明。输出阻抗在谐振时达到最高，因此必须首先计算出滤波器谐振频率。下一步，对电感-DCR组合和电容-ESR组合进行串-并联转换。最后，简单地组合三个已为并联的并联电阻。例如，如果您有了一个基本为 0 Ohm ESR的 47uF陶瓷电容，以及一个 50 mOhm DCR的 10μH输出电感。谐振频率为 7kHz。这一频率下，电感有 0.4 Ohm的电抗，从而得到Q为 8，而并联电阻为 3 Ohm。一种更快速的方法是将特性阻抗（ $(L/C) 0.5$ ）用于谐振下的电感电抗。

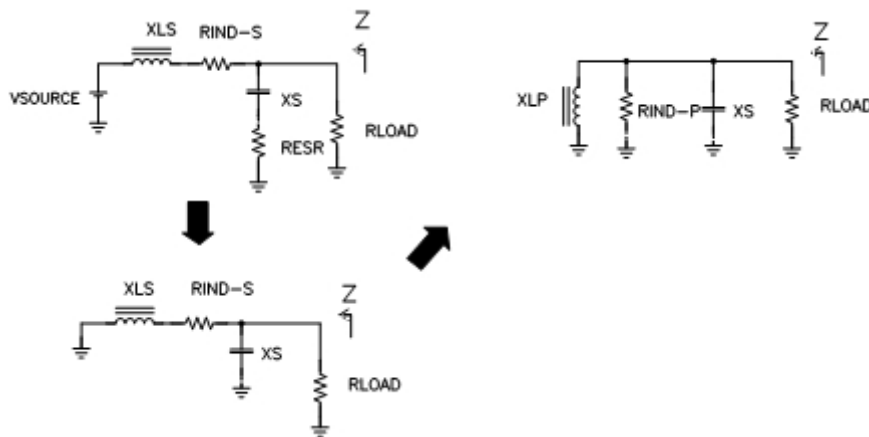


图 3: 串-并联转换简化了电路分析。

下次，我们将讨论隔离电源补偿的一些方法，敬请期待。

如欲了解本文内容及其他电源解决方案的更多详情，请访问：
www.ti.com.cn/power。

附录 1: 并联电路的串联转换。

在某个频率下，图 1 所示的两个电路等效。计算并联部分的串联等效电路：

$$R_s + jX_s = \frac{R_p * jX_p}{R_p + jX_p}$$

$$R_s + jX_s = \frac{R_p * jX_p * (R_p - jX_p)}{(R_p + jX_p) * (R_p - jX_p)}$$

$$R_s + jX_s = \frac{R_p * X_p^2 + jR_p^2 * X_p}{R_p^2 + X_p^2}$$

让实数和虚数项相等，分子和分母均除以 X_p^2 ，代入 $Q=R_p/X_p$ 。

$$R_s = \frac{R_p * X_p^2}{R_p^2 + X_p^2}$$

$$R_s = \frac{R_p}{Q^2 + 1}$$

类似地，求解 X_s 。

$$X_s = \frac{X_p * R_p^2}{R_p^2 + X_p^2}$$

$$X_s = \frac{X_p * Q^2}{Q^2 + 1}$$