

## Zmatch 阻抗匹配

Zmatch 功能是一种通用、易于使用、单点和宽带、集总和分布式阻抗匹配程序。Zmatch 允许轻松定义频率相关的复杂集总源阻抗或传输线阻抗、频率相关的复杂负载阻抗以及匹配网络的所需阶数。Zmatch 将计算由集总元件、RGLC 传输线或平面布局组成的一到四个匹配网络,并提供由于实际寄生效应而导致的电路缺陷的分析结果。

### 控制面板

匹配数量	选择所需元素的数量 (对于元素/存根 匹配网络中的集总 (用于分布式)或短截线 (用于分布式))
数量 元素	在匹配元件数量中选择 4+ 时显示。输入匹配网络中所需的电抗 元件数量
频率	选择针对单个频率点或输入表中分布的所有频率进行优化。
JX定义	选择所需的格式来读取和显示虚部阻抗:  电抗 :纯电抗  电感 :等效电感 亨利  电容 :等效电容 法拉
Z 定义	选择由极坐标、笛卡尔坐标或平行坐标定义的阻抗。 Zmatch 的平行定义是实部与虚部并联。

试金石数据导入。

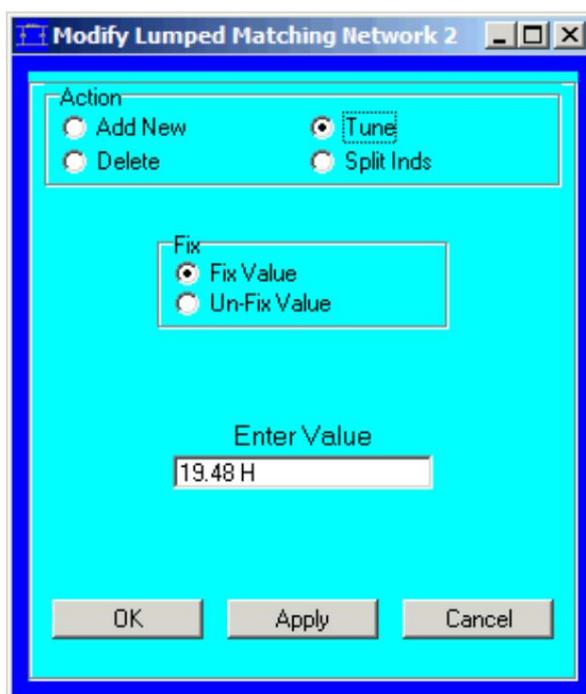
可以使用阻抗表右侧的控件,用来自单维 Touchstone 格式文件的数据填充阻抗行。所有数据都会被转换以满足上表中的设置选择。例如,如果选择了“极坐标”数据,Touchstone 数据就会转换为极坐标格式并插入到阻抗表中。

集总滤波器备用阻抗条目。

集总元件的 Zmatch 具有用于源和负载的单独阻抗列。如果其中一个阻抗列是固定电阻,则选中“自动填充其他项”将自动导致另一个阻抗填充为“其他终端阻抗”条目中输入的值。不选中则使用 Touchstone 文件一次只输入一个阻抗列。

调整匹配电路

下面显示的右键单击弹出控制面板更改控制面板上的调整条目允许通过更改和冻结元素的值来调整匹配网络,然后重新计算其余元素以实现新的匹配。



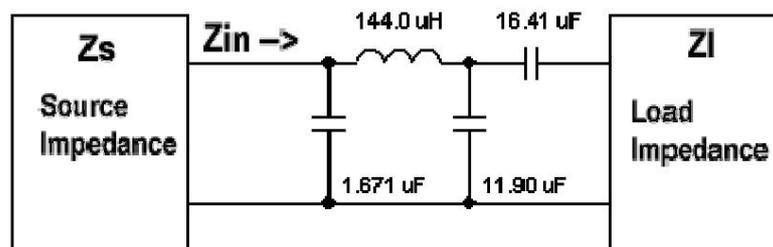
选择上面的“修复值”选项可以冻结或“固定”元素或存根值,使其为网络所有未来调整操作所指定的值。

## 概念和理论

阻抗匹配电路是位于源阻抗和负载阻抗之间的电路,当施加频率电压或电流源时,该电路可产生零反射。理想情况下,所产生的网络将在所有频率下产生零反射。实际上,只能匹配少数频率,或将一定频率范围内的 RMS 反射幅度降至最低。

## 频率匹配网络

RC 网络可用于匹配源和负载阻抗,如下所示:



如果网络设计得当,那么到源的反射为零。当  $Z_{in}$  的共轭等于  $Z_s$  时,就会发生零反射。这可以很容易地在—个频率点实现,有时在几个频率点上也可以实现。如果希望在宽频带上匹配阻抗,那么通常需要最小化反射的 RMS 幅度。

## 反射系数

反射系数的数学定义为:

$$\rho = \frac{Z_{in} - Z_s^*}{Z_{in} + Z_s}$$

Where :

$\rho$  is Reflection Coefficient

"\*" Designates conjugate

很容易看出,当  $Z_{in}$  是  $Z_s$  的共轭时,不会发生反射。匹配网络必须设计为在一个或多个频率上产生零反射,或者在很宽的频率范围内最小化反射。

反应元素

Zmatch 使用电抗元件来匹配阻抗。这些元件的无损特性确保所有可用功率都传输到负载。然而,实际电抗元件并非完全无损,而是具有由元件的  $Q$  定义的频率相关损耗函数。真正的无损电抗元件的  $Q$  为无穷大。实际元件具有有限的  $Q$  值。Zmatch 在计算匹配网络时会考虑电抗元件的有限  $Q$ 。

电感器

电感器的阻抗可以表示如下:

$$Z = j\omega L + \frac{\omega L}{Q}$$

此外,电感器的串联电阻 (DCR)和并联电阻支持寄生分析,并在匹配计算中得到补偿。

电容器

电容器的阻抗可以表示如下：

$$Z = \frac{1}{j\omega C} \parallel \frac{Q}{\omega C}$$

Where  $\parallel$  designated a parallel operator

此外,电感的串联电阻 (ESR)和并联电阻支持寄生分析,并在匹配计算中得到补偿。

### 单点阻抗匹配

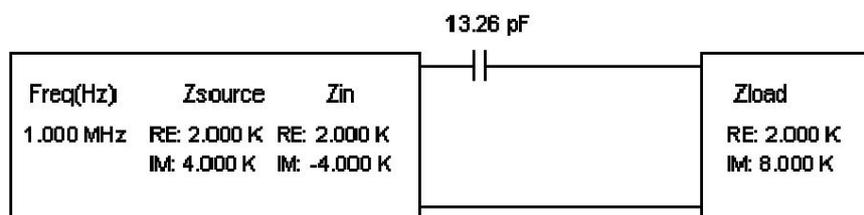
单点频率匹配通常需要两个电抗元件。如果负载和源阻抗仅在相位上不同,则需要一个电抗元件。有时,需要三个电抗元件才能实现匹配。

一般来说,单元素匹配只有一种匹配解;双元素匹配有四种匹配解;三元素匹配则有无数种匹配解。

这意味着可以设计一个可调谐的三元件匹配网络,即使只需要一两个元件来匹配负载。

### 单元素匹配

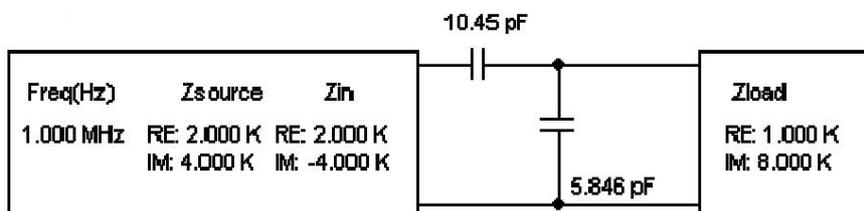
负载和电源具有相同的电阻。因此,只需要一个串联电抗元件将负载电抗转换为电源电抗。在这种情况下,串联电容器会降低输入电抗。



### 双元素匹配

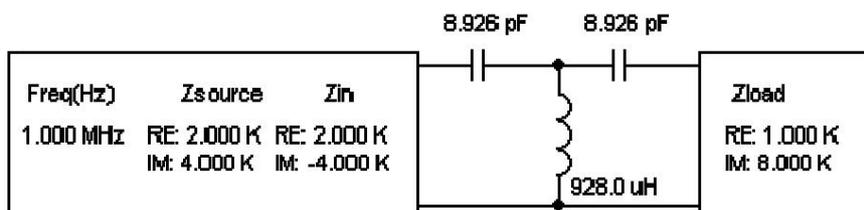
当负载和源电阻不相等时,至少需要两个电抗元件。

一般情况下,可能有四种解决方案。偶尔,可能的解决方案少于四种,甚至可能没有解决方案。当这种情况发生时,需要更多的反应元件。



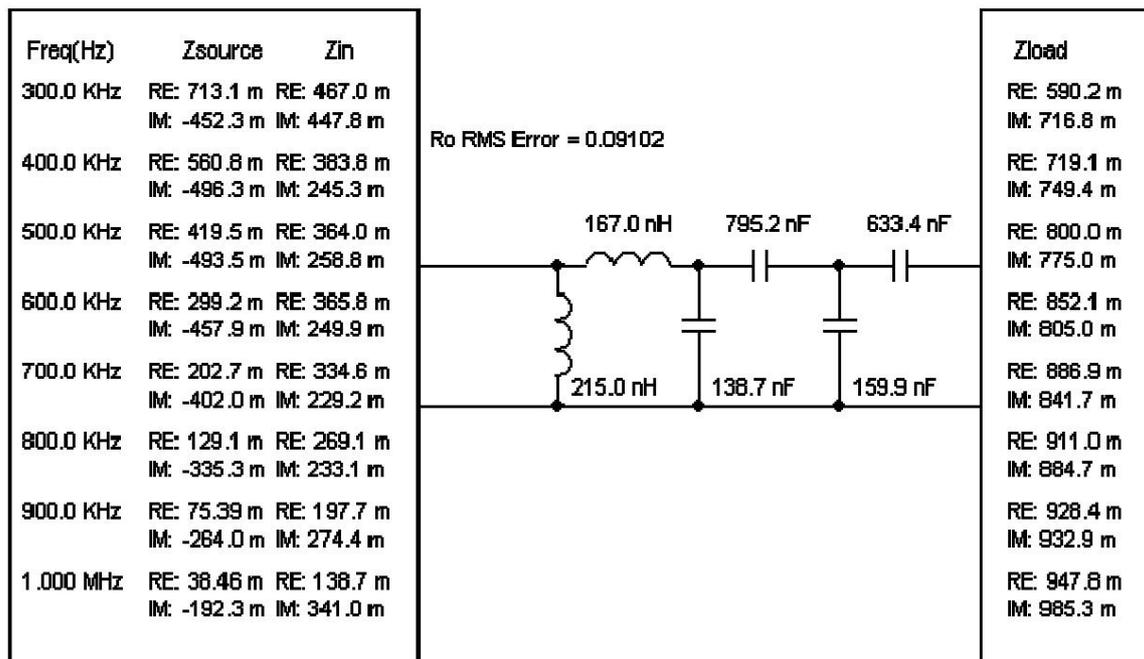
### 三元素匹配

通常,三元件解决方案的数量是无限的。在下面的例子中,使用了相等的电容器。通常可以将三个元件值中的一个设置为任何所需的值,然后重新计算另外两个以获得匹配。

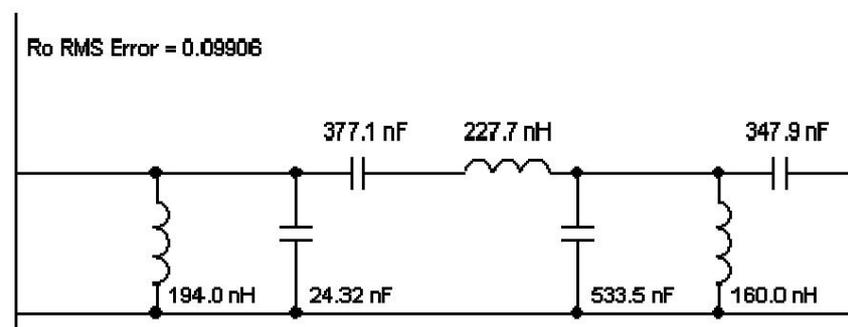


## 多点阻抗匹配

如果需要匹配多个频率点,例如在宽带应用中,则可以最小化每个频率点反射总和的 RMS。可以使用任意数量的元件,但是使用更多元件可以获得更好的匹配。



或者,带通 LC 拓扑有时可能会产生更好的结果。这种拓扑在 Zmatch 中称为“II 型”。



## 宽带阻抗匹配

匹配单个频率点不一定能产生给定频谱的最有效匹配。通过增加匹配频率点的数量,或在“频率”选项中选择“宽带”,可以产生更好的匹配。然后,Zmatch 将尝试最小化阻抗表中输入的频谱中均匀分布的 25 个频率点的 RMS 反射。这通常会最小化整个频谱的 RMS 反射,但代价是单个频率点的反射更多。

图形显示各个频率点的 RMS 误差和分布频率。

### 传输线短截线

Zmatch 使用特定长度的短路传输线短截线,并将其放置在特定位置以匹配阻抗。短截线与主线平行放置。目的是排列短截线和线段以创建净负载阻抗,从而最大限度地减少 RMS 反射。

### 传输线短截线阻抗

任何给定长度的理想短路短截线的阻抗可以表示如下:

$$Z_{in} = j * Z_0 * \tan(\omega * len / V)$$

Where:

**len = Transmission Line Length**

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \text{Speed of Propagation}$$

**L = Inductance per unit length**

**C = Capacitance per unit length**

$$j = \sqrt{-1}$$

## 传输线段阻抗

匹配短截线通过传输线段连接。任何给定长度和负载的传输线段的阻抗可表示如下：

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_1 + jZ_0 \tan(\omega \cdot \text{len}/V)}{Z_0 + jZ_1 \tan(\omega \cdot \text{len}/V)}$$

**Where:**

**len = Transmission Line Length**

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \text{Speed of Propagation}$$

**Z1 = Load Impedance**

**L = Inductance per unit length**

**C = Capacitance per unit length**

$$j = \sqrt{-1}$$

## 单点阻抗匹配

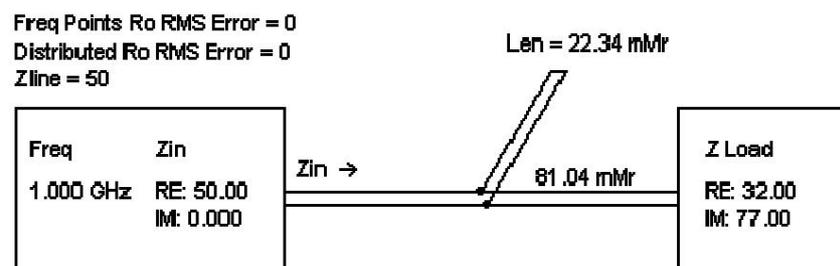
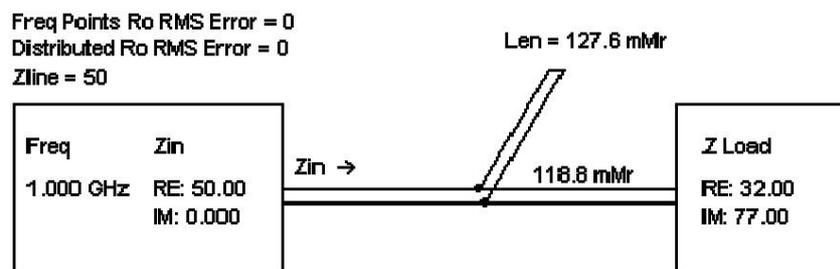
单点阻抗匹配至少需要一个短截线和一个短截线与负载之间的段。可能存在两种独特的解决方案。Zmatch 提供这两种解决方案。如果两种解决方案的短截线和段长度都不理想,则可以使用多个短截线。多个短截线单点匹配没有独特的解决方案,因此可以调整短截线长度和段长度。

## 单存根匹配

可能存在两种独特的解决方案。可以编辑和调整存根和段的长度,但在所有情况下都会导致匹配错误。

以下是两种解决方案,用于将  $32 + j77$  欧姆负载与 1GHz 的 50 欧姆线路进行匹配。两种情况

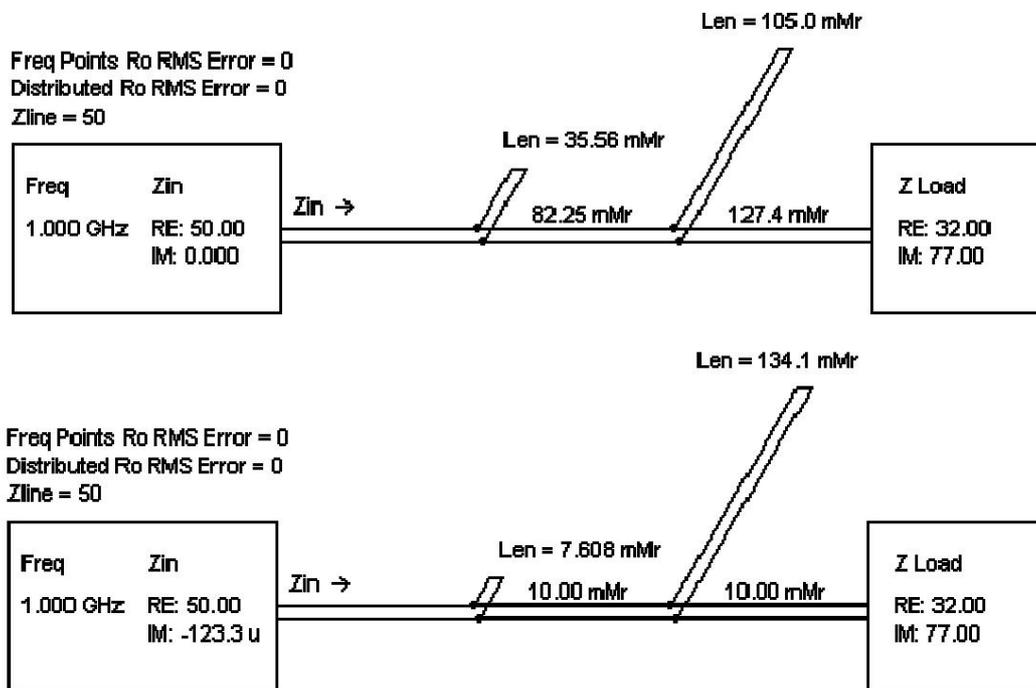
提供 RMS 反射误差为零的完美匹配。



单频点—短截线匹配

### 双存根匹配

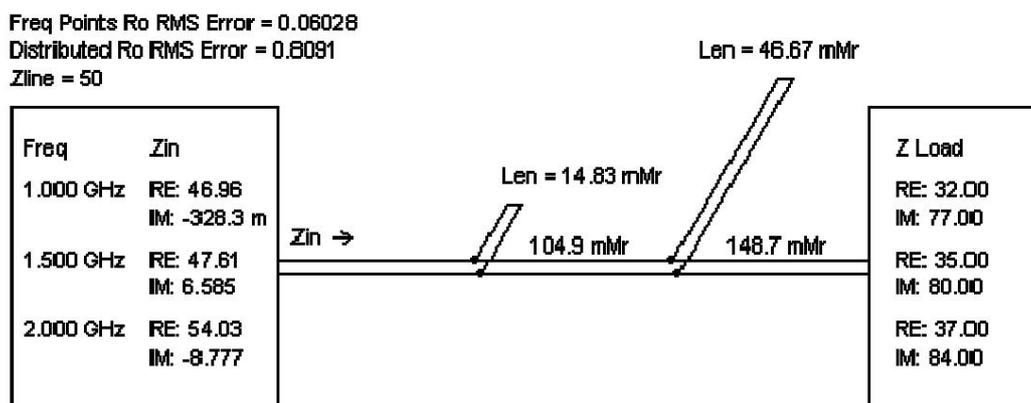
有时,两种单短截线解决方案都不可接受。当将一个频率与两个短截线匹配时,可以获得无数种解决方案。几乎总是可以调整一个短截线或一个元件和频率,可以调整两个组件,并且仍然可以获得完美匹配,“组件”定义为短截线或段。可以通过单击短截线或段、选择“调整”并输入所需的段或短截线长度来完成调整。以下显示与上面相同的频率匹配,但有两个短截线。第二个匹配是通过相距仅 10mM 的等距短截线完成的。



单频点双短截线匹配

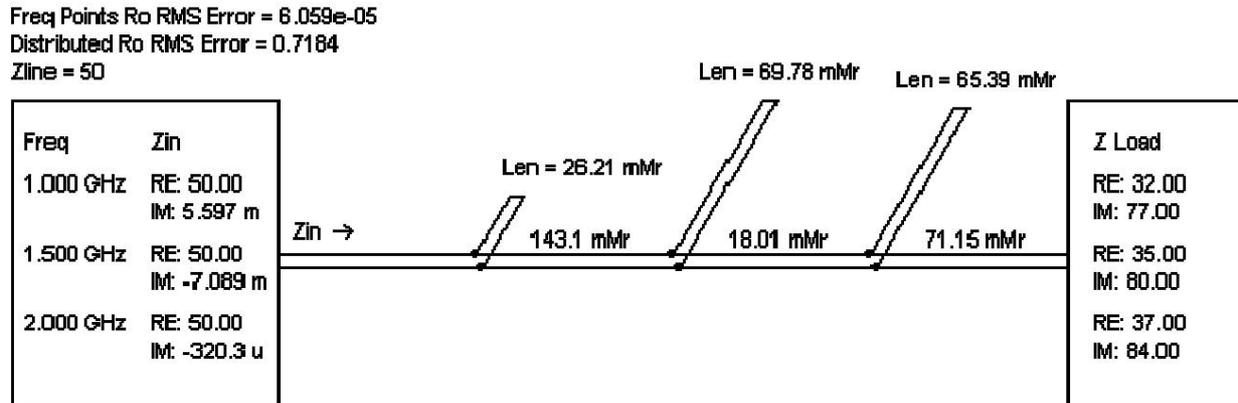
## 多点阻抗匹配

如果需要匹配多个频率点,例如在宽带应用中,则可以最小化每个频率点反射总和的 RMS。可以使用任意数量的元件,但元件越多匹配效果越好。为了完美匹配每个选定的频率点,短截线的数量必须等于或大于定义的频率点的数量。以下示例使用两个短截线匹配三个频率,结果相当不错。



三频点双短截线匹配

如果需要更高的精度,三个短截线可以有效地在所有频率上提供完美匹配,如下所示



三频三短截线匹配

## 宽带阻抗匹配

匹配单个频率点不一定能产生给定频谱的最有效匹配。通过增加匹配频率点的数量,或在“频率”选项中选择“宽带”,可以产生更好的匹配。然后,Zmatch 将尝试最小化阻抗表中输入的频谱中均匀分布的 25 个频率点的 RMS 反射。这通常会最小化整个频谱的 RMS 反射,但代价是单个频率点的反射更多。

图形显示各个频率点的 RMS 误差和分布频率。