

电路综合与分析

终止

Filter Solutions 可生产单端接和双端接滤波器。源电阻的值决定选择。当输入源电阻为零时,仅显示单端接滤波器。当源电阻等于负载电阻时,仅显示双端接滤波器。当有限源电阻不等于负载电阻时,将创建单端接滤波器和双端接滤波器。其中,仅显示满足所需滤波器频率幅度特性的滤波器。

传递函数

主控制面板表面上的传递函数按钮显示所需滤波器的传递函数。

时间响应

控制面板时间响应显示所需滤波器的设计时间响应。它是通过模拟所需滤波器的传递函数来计算的。

电路时间响应使用用户更改的元素值,并直接在显示的过滤器上计算。

频率响应

控制面板频率响应显示所需滤波器的设计频率响应。它是通过将 $j\omega$ 代入滤波器传递函数计算得出的。

电路频率响应使用用户更改的元素值,并直接在显示的过滤器上计算。

反思

控制面板反射按钮显示设计反射系数。该反射由以下因素得出:

$$\rho(s) = \sqrt{1 - 4(R_g/R_l)G(s)G(-s)}$$

Using Left Plane Roots Only

Where:

$\rho(s)$ = Design Reflection Coefficient

R_g = Source Resistance

R_l = Load Resistance

$G(s)$ = Design Transfer Function of the Filter.

请注意,上述方程是平方根函数,因此存在两个相差 180 度的反射解。

单个电路反射按钮显示单个电路反射系数。当电路元件值改变时,电路反射将发生变化。电路反射系数由以下公式得出:

$$\mathbf{R(S) = (Z(S) - R_g) / (Z(S) + R_g)}$$

Where:

R(S) = Circuit Reflection Coefficient

**Z(S) = Impedance of the Circuit Less the
Source Resistor**

R_g = Source Resistance.

如果设计正确,上述反射方程将产生与前一个方程的解之一相同的结果。

单端接和双端接滤波器

双端接滤波器是两端均具有有限非零端接的滤波器。单端接滤波器是一端具有有限非零端接,另一端具有开路或短路端接的滤波器。同等端接滤波器是两端均具有相同有限非零端接的双端接滤波器。

等端接滤波器通常(但并不总是)针对最佳反射响应进行优化,具有有限的非零源电阻。在某些情况下,物理上不可能使用等端接进行合成,而在其他情况下,则需要升压/降压变压器。

滤波器解决方案支持单端接、双端接和等端接滤波器。单端接滤波器支持短路电压源、开路电流源和开路负载。

双重和同等终止滤波器:

在被动控制面板的相应文本条目中输入负载和源电阻。检查反射响应以确保获得所需的反射。

单端接滤波器:

要合成短路电压源滤波器,请在 Source Res 文本输入框中输入“0”,然后选择电压源。

要合成一个开放的电流源滤波器,请在 Source Res 文本输入框中输入“Inf”,然后选择 Current source。

要合成开路负载滤波器,请在 Load Res 文本输入框中输入“Inf”,然后选择 Current source。

阻抗匹配

纯电负载和电源有时可以直接并入单端滤波器。例如,如果滤波器负载恰好为 1mH,而开端滤波器设计需要 2mH,则 2mH 电感器可以由与负载串联的 1mH 电感器组成。同样,如果滤波器设计需要 500uH,则 500uH 电感器可以由与负载并联的 1mH 电感器组成。

笔记:

文本输入框中的“0”和“Inf”条目具有相同的效果,因为它们根据需要进行解释为 0 或无穷大,因此只需输入“0”即可合成电压和电流驱动的单端接源滤波器。

有限 Q

在射频频率下工作时,可能需要在创建滤波器之前和之后考虑无源元件(通常是电感器)的有限 Q 值。

滤波器解决方案允许输入滤波器的默认电感器和电容器 Q 值,并更改每个单独组件的 Q 值以用于频率、反射和时间分析。当使用有限 Q 值进行分析时,深蓝色基线轨迹表示具有无限 Q 值的滤波器,以便快速进行视觉比较。

在主 Lumped 控制面板中选择“Real Parameters”以输入默认值。使用鼠标左键编辑值。

有限 Q 效应仅包含在单个无源滤波器的分析中。主控面板分析功能不包括这些效应。原因是有限 Q 效应是单个无源滤波器所独有的。

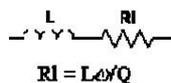
如果滤波器的源电阻为零或负载和源电阻不相等,Filter Solutions 可以自动改变滤波器以部分补偿有限 Q 的退化效应。这是通过沿实轴“拉伸”滤波器的原型极点来实现的,直到截止频率的频率响应基本恢复。此补偿功能最适合零欧姆源电阻。如果源负载比在 0.2 和 5.0 之间,则自动 Q 补偿功能效果不大。负载和源电阻相等或几乎相等的滤波器可能无法以这种方式补偿,但可以进行幅度均衡。

您可以自己补偿不等和单端接滤波器的有限 Q 效应,方法是打开极点/零点图,并将原型极点向左和向右拖动以“拉伸”实际极点位置,直到您喜欢所需电路的电路频率响应。首先尝试将最左边的极点向左拖动。

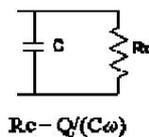
通常,这就是所需的全部内容。要实时观察极点/零点操控的效果,请选中极点/零点控制面板中的“RTU”框。

如果滤波器具有有限源电阻,则可以使用振幅均衡器补偿有限 Q。选中要均衡的电路上的“振幅均衡”框即可执行此操作。

电感器和电容器可以根据以下表达式和模型建模:



$$RI = L\omega/Q$$



$$Rm = Q/(C\omega)$$

当 Filter Solutions 显示电阻来表示有限 Q 值时,用于计算电阻的频率是显示该组件的频率。如果没有显示频率,则使用截止频率或中心频率。

电抗元件寄生模型

除了有限 Q 值外,还对串联和并联电阻寄生效应和电抗寄生效应进行了建模。在主 Lumped 控制面板中选择“寄生效应”选项卡以输入默认值。串联电感电阻有时称为直流串联电阻 (DCR),串联电容电阻有时称为等效串联电阻 (ESR)。电容支持串联电感寄生效应,电感支持并联电容寄生效应。

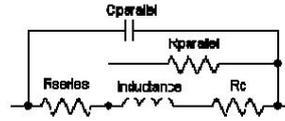
与有限 Q 一样,可以在原理图分析中进行分析,并且可以使用幅度均衡来减轻有损寄生效应。

标准零件清单还可以包括寄生值,方法是用电容器的术语“Q=”、“Rs=”、“Rp=”和“Ls=”以及电感器的“Cp=”添加到电感器或电容器线。

当输入串联、并联和/或有限 Q 效应时,以下模型用于分析目的。

电感器

Q 电阻、串联电阻、并联电阻、并联电容和电感的模型元素按照以下电感模型排列



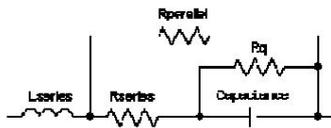
具有寄生效应的电感模型

Rq 是根据频率计算的: $Rq = (L \cdot W) / Q$

其中 L 是电感,单位为亨利;W 是频率,单位为 R/S

电容器

Q电阻、串联电阻、并联电阻、串联电感电容的模型元素按照如下电容器模型排列。



具有寄生效应的电容器模型

Rq 作为频率函数计算: $Rq = Q / (C \cdot W)$

其中 C 是电容 (单位:法拉),W 是频率 (单位:R/S)

节点电容和引线电感

集总元件的寄生模型和 S 参数模拟不一定能解释由焊盘连接引起的节点电容和/或由集总元件的导体引线引起的引线电感。然而,节点电容和引线电感确实对滤波器的性能有寄生影响,而且寄生影响可能很大。

滤波器解决方案允许模拟所有集总元件上的节点电容和引线电感。设计时,可以将单个节点电容和单个引线电感输入到集总设计控制面板的寄生页面中,如下图 1 所示。此外,还有一个可选的补偿功能,可以在可能的情况下改变滤波器设计电容和电感值,以补偿节点电容和引线电感。

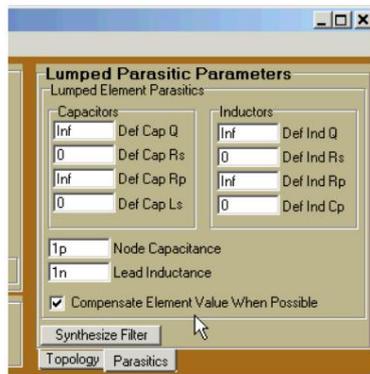


图 1:具有节点电容、引线电感和元件值补偿的集总寄生页面

节点电容和引线电感模型

滤波器中的每个电容器、电阻器和电感器都使用内部模型进行模拟,该模型将节点电容和引线电感添加到元件中。寄生元件模型和 S 参数元件模型在节点电容和引线电感之间保持不变,如下图 2 所示。

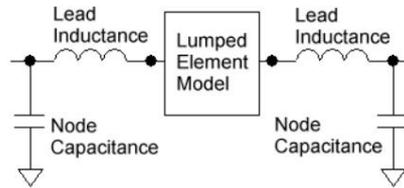


图 2:具有引线电感和节点电容的集总元件模型。

关于双工器

在滤波器解决方案主控制面板中,双工器 1 选择设计低通/高通双工器,而双工器 2 选择设计带通/带阻双工器或低通、带通、高通双工器,也称为三工器。

基本双工器由一个高通滤波器和一个低通滤波器,或一个并联的带通滤波器和带阻滤波器组成,它们由同一源驱动,并且通常包含并联的 RC 串联槽路元件,以减少不必要的反射。

双工器的低通和高通支路,或带通和带阻支路是使用正常的低通和高通设计参数合成的,但电抗元件是在假设零欧姆源电阻的情况下计算的。这样做是为了实现理想的反射响应,但会稍微降低通带频率响应。当指定偶数阶双工器时,最高频率有限传输零点会自动映射到无穷大。反射零点保持不变,除非另有说明,否则偶数阶修改选项会自动对传输零点执行,但永远不会对反射零点执行。

在设计具有带阻滤波器(切比雪夫 II、沙漏或椭圆滤波器)的低通/高通双工器时,使用偶数阶滤波器是有利的,这样可以最大限度地减少电感器的数量。选择“不对称”并输入奇数阶高通支路可能会进一步减少电感器数量。

连续双工器

当双工器两个支路的半功率点(-3.01dB)频率相同时,即存在连续双工器。如果通带波纹设置正确,则所有反射都将低于-20dB,并且不需要反射补偿元件。要创建连续双工器,请取消选中“标准通带衰减”复选框,输入-

3.01dB 作为通带衰减。对于高通/低通双工器,将带宽设置为零。对于带通/阻双工器或三工器,将外部带宽设置为等于内部带宽。

非连续双工器

如果双工器支路之间存在频率分离,则会产生不连续的双工器。支路的截止频率附近可能会发生不希望的反射。可能需要反射补偿元件来强制反射进入支路之间的频率间隙,并远离双工器支路传递的频率。

补偿元件的值可以通过以下方式计算:

$$L_0 = \frac{1}{F(\omega_2 - \omega_1)} \quad C_0 = \frac{1}{L_0 \omega_1 \omega_2}$$

Where:

ω_2 is the upper corner frequency in R/S

ω_1 is the lower corner frequency in R/S

F is the imaginary part of the average admittance of the diplexer at the upper and lower corner frequencies without the compensating elements

Reference:

"On the Design of Filters by Synthesis"
by Rudolf K. Seal and E. Ubrich, page 55.

如果设计带通/带阻双工器或三工器,则使用两个补偿器,每个频率转换一个。

三工器

三工器与双工器类似,只是三条支路而不是两条,即高通、低通和带通。需要两个反射补偿器,一个用于低通到带通间隙,另一个用于带通和高通间隙之间。两个间隙中心频率是间隙算术宽度的几何平均值。

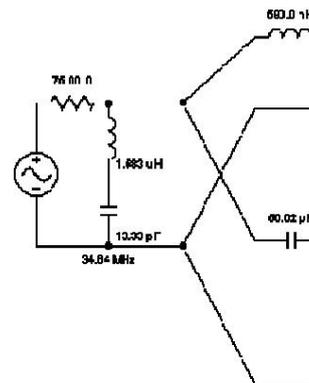
带通双工器

通过在双工器类型选择框中选择“双工器 1”和“带通”,可以合成由两个带通支路组成的双工器。滤波器解决方案将创建三个反射补偿器电路,一个用于中心频率,一个用于上带通,一个用于下带通。两个外部频率补偿器在双工器支路中实际绘制,并根据需要使用双工器示意图顶部的“补偿”选项进行安装或移除。两个中心频率是各自带通滤波器算术宽度的几何平均值。

中心补偿器符合上述定义方程。外部补偿器是近似值,旨在最大限度地减少频带边缘外部频率部分的反射。有时手动操作外部补偿元件可能有助于提高频带边缘滤波器的性能。

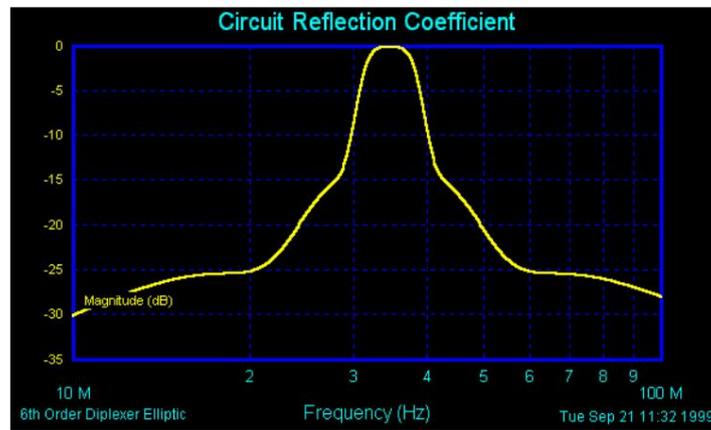
双工器示例,低通/高通

下面显示了一个双工器示例。图中仅显示了补偿器,但它由一个 30MHz 低通滤波器和一个 40MHz 高通滤波器并联组成,并有一个并联补偿器。经验法则是将中频(本例中为 30 到 40 MHz)以外的反射保持在至少 -20dB 以下。为了实现低反射,通常需要将通带纹波设置为 100m dB 或更低。如果双工器中产生负元件,则提高通带纹波的 dB 直到所有元件都为正。



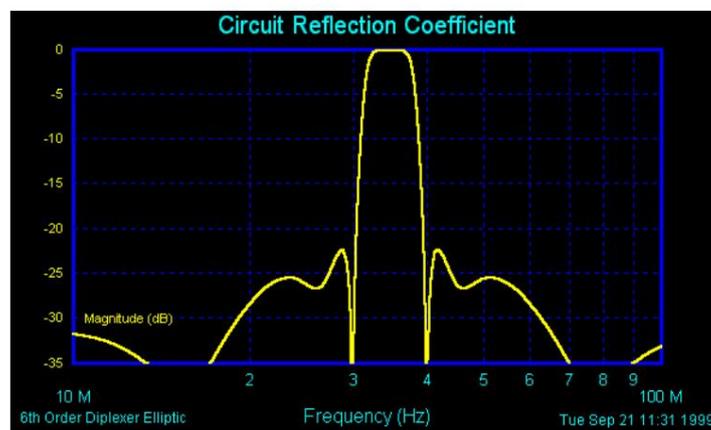
低通/高通双工器反射补偿

如果没有并联补偿器,该电路将包含不符合 -20dB 规则的不良反射,如下所示。



未补偿的反射

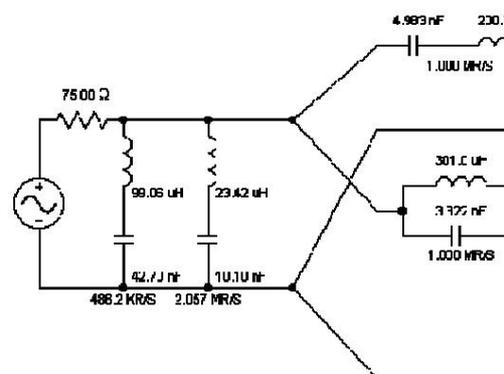
通过并联补偿器,该电路包含更多理想的反射,远低于中频区域之外的 -20dB。



补偿反射

双工器示例,带通/带阻

下面显示了带通/带阻双工器的示例。上部支路是带通滤波器,下部支路是带阻滤波器。有两个反射补偿器,一个用于低截止频率,一个用于高截止频率。但是,补偿器元件值的计算与低通/高通双工器相同。对于三工器,所有计算都相同,只是存在三个支路来计算补偿元件,而不是两个。

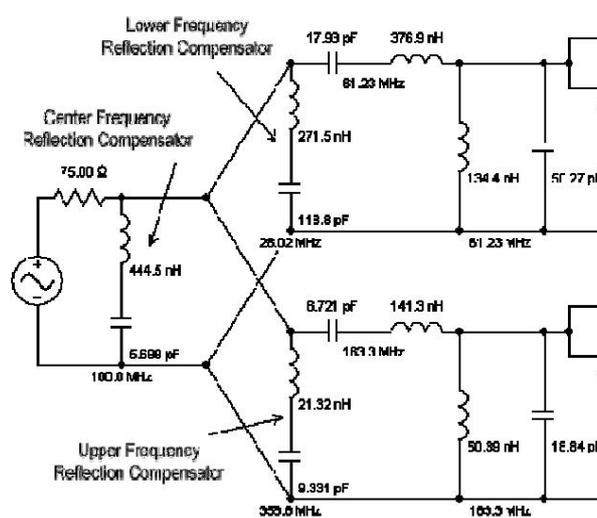


带通/带阻双工器反射补偿

双工器示例,带通

带通双工器可以分别通过内角频率和外角频率的带宽来定义(带通 1 选择),或者通过每个带通支路的中心频率和带宽来定义(带通 2 选择)。

下面显示了带通双工器的示例。双工器的两个支路都是带通滤波器。领先的反射补偿器是中心频率。每个支路上领先的并联 LC 谐振电路是外频反射补偿器。



带通双工器示例

耦合谐振器带通滤波器

耦合谐振器带通滤波器是带通滤波器的窄带近似。与传统带通滤波器相比,使用耦合谐振器的优势在于:高频时元件值更理想,元件值选择灵活。

可以通过选中支持耦合谐振器滤波器的原理图中带通原理图工具栏中的“耦合谐振器”复选框来选择耦合谐振器滤波器,如下所示:



耦合谐振器滤波器选择示例

耦合谐振器滤波器由一系列 LC 谐振对或相互耦合的线圈与电容器或电感器耦合在一起组成。通常选择电容器是因为其成本较低且性能较高。滤波器解决方案允许选择其中一个 LC 谐振元件值,并计算创建所需滤波器所需的其他元件值。

要创建带通谐振滤波器,您必须选择高斯、贝塞尔、巴特沃斯、勒让德或切比雪夫 I 型滤波器。不能使用阻带为零的滤波器创建耦合谐振器滤波器。选择带通滤波器类,然后创建无源电路。无源电路将在工具栏中有一个“耦合谐振器”复选框。选中此框,将显示一个耦合谐振带通滤波器。滤波器的第一个元素将与无源控制面板中的串联/分流选择相匹配。如果所选通带太宽,您将收到一条错误消息,通知您需要减小通带的宽度。

当显示谐振滤波器时,耦合谐振器控制面板将显示在电路窗口的右上角。您可以选择电感器、电容器或互线圈耦合谐振器、带或不带端耦合元件的耦合谐振器,并且您可以选择新的谐振器元件值。电容器耦合谐振器的电感器可能会改变。电感器耦合谐振器的电容器可能会改变。互耦合谐振器的

电容器已更改。输入所需的电感或电容,然后选择“重新计算”以更新滤波器。没有端耦合元件的耦合谐振器滤波器需要三阶以上才能使用不同的元件进行重新设计。

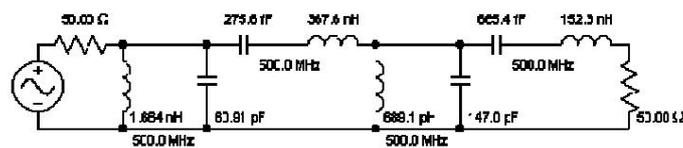
交换末端 LC 以获得更对称的响应

只要选中“端耦合”,就可以使用“交换端 LC”选项。耦合谐振器滤波器具有不对称的频率响应特性,这可能是不理想的。如果需要更对称的频率响应,选择“交换端 LC”选项将交换外部电感器和电容器的位置,并用窄带变换,这将恢复更对称的窄带频率响应近似值,但代价是通带中的误差略大。对于窄带滤波器,额外的误差通常可以忽略不计,但对于中带滤波器,误差会增加。建议在使用“交换端 LC”选项之前进行目视检查。

或者,也可以使用鼠标右键将任意带通滤波器上的外部电感器和电容器与不同方向的外部电感器和电容器交换。

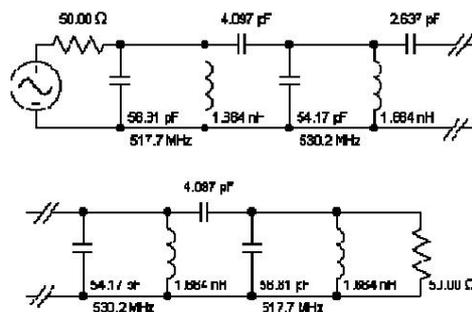
耦合谐振器示例:

下面是一个经典的 4 阶巴特沃斯带通滤波器,中心频率为 500MHz,带宽为 40MHz。请注意,一些电容值小于 1 pF,有些电感器的值低于 1nH。



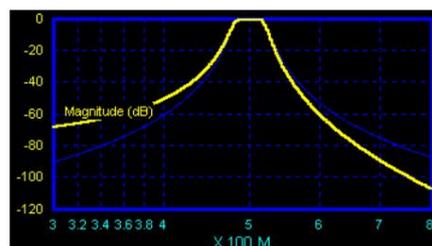
古典乐队低音滤波器

下面是串联谐振电容耦合带通滤波器:电容值现在在低 pF 范围内更合理,所有电感值均为 10 nH。然而,构建该滤波器需要更多的电容器。



电容耦合串联谐振滤波器

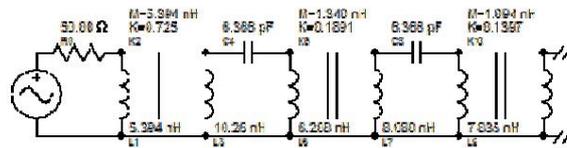
幅频响应误差如下所示。深蓝色基线轨迹表示真正的巴特沃斯响应。黄色表示耦合谐振器滤波器响应。请注意,只有在衰减非常高的频率下,误差才会很大。



谐振器耦合频率误差

电感耦合谐振器和互耦合谐振器的倾斜方向相反。端耦合与无端耦合解决方案的倾斜方向相反。

互耦合谐振器使用垂直条来表示耦合线圈,而耦合线圈又与串联或并联电容器耦合。



互耦谐振器示例

管状带通滤波器

要创建带通管状滤波器,您必须选择带通高斯、贝塞尔、巴特沃斯、勒让德或切比雪夫 I 型滤波器。不能从阻带为零的滤波器创建管状滤波器。无源电路原理图的工具栏中会有一个“管状”复选框。选中此框,将显示管状带通滤波器。滤波器的第一个元素将与无源控制面板中的串联/分流选择相匹配。如果所选通带太宽,您将收到一条错误消息,通知您需要减小通带的宽度。

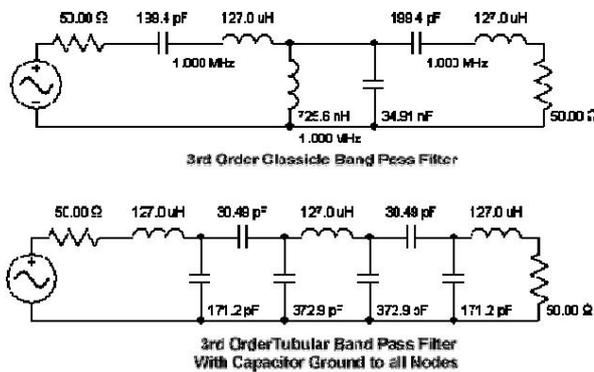
管状带通滤波器是带通滤波器的窄带近似。与传统带通滤波器相比,使用管状带通滤波器的优势在于:高频时元件值更理想、元件值选择灵活,并且所有节点都连接到接地电容器。任何导致滤波器物理构造的寄生节点电容都可以从连接到该节点的接地电容器的设计值中减去。在大多数情况下,电感值是可调的。

管状滤波器由交替串联的电感器和电容器组成,每个节点包含一个接地电容器。滤波器解决方案允许管状滤波器带有或不带有前分流电容器,其中第一个串联元件是电感器或电容器,通过跳过串联电容器来最小化元件数量的“最小元件”选择,以及将外部分流电感器选项设置为分流而不是串联。

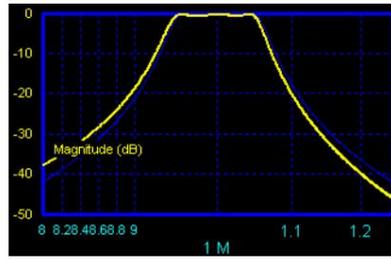
“最少元件”选择需要较少的部件,但缺点是需要更宽的所需电容值范围。

外并联电感器选项的优点是可以最大限度地减少外部频率误差,但代价是增加中心频率附近的窄带近似误差。

当显示管状滤波器时,管状控制面板显示在电路窗口的右上角。您可以选择超前电感器、超前电容器、最小零件和外并联电感器,并且您可以使用新的管状元件值重新计算。要使用新零件计算管状滤波器,请输入所需的电感,然后选择“重新计算”以更新滤波器。没有超前并联电容器的管状滤波器需要三阶或更高阶才能使用不同的元件重新设计。



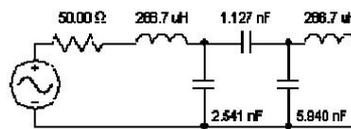
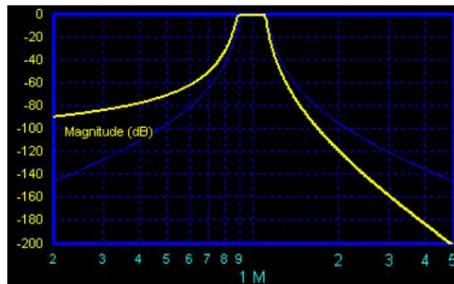
幅频响应误差如下所示。灰色基线轨迹表示真正的切比雪夫响应。蓝色表示管状滤波器响应。请注意,只有在衰减非常高的频率下,误差才会很大。



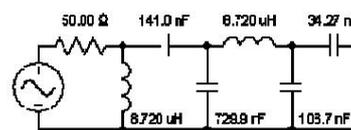
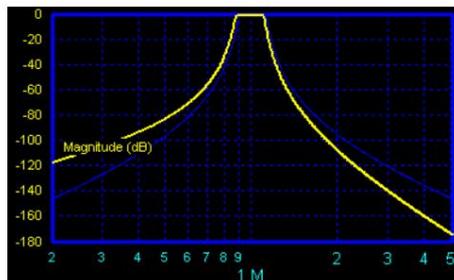
管状频率误差

外并联电感器

管状 (和谐振器)滤波器会将不对称频率响应误差引入带通滤波器。有时,这种不对称误差可能是不受欢迎的。使用外分流电感器选项可以最大限度地减少这种不对称频率误差。请参阅下面的四阶切比雪夫滤波器示例。

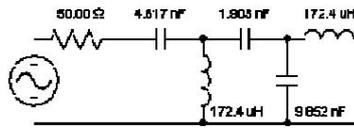
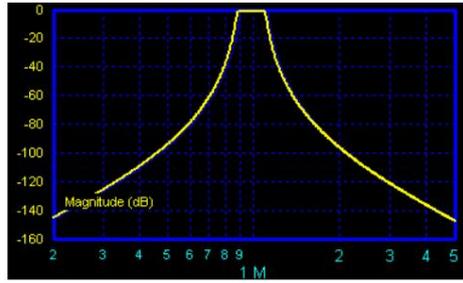


标准领先系列电感器管状设计



领先的分流电感管状设计

减少不对称频率误差



领先串联电容器和并联电感器管状设计

进一步降低非对称频率误差

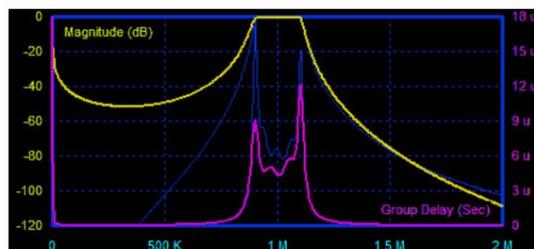
请注意,领先的串联电容器并联电感器设计在减少不对称频率误差方面最有效。但是,这种设计在通带中产生最大的窄带近似误差,并且默认设计没有将并联电容器连接到第一个节点。如果需要,简单的诺顿变换可以在第一个节点处放置一个并联电容器。

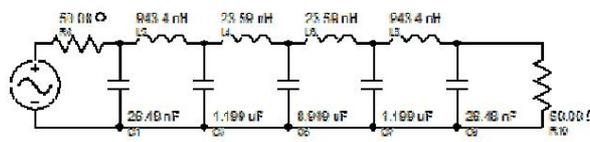
低通近似管

此功能仅支持 Chebyshev I 滤波器。通带较窄的低通滤波器在通带附近的频率范围内表现得像管状滤波器。优点是需要的滤波器部件较少,并且为需要带直流耦合的带通滤波器的应用提供直流耦合。缺点是滤波器内的元件尺寸可能有很大差异,并且许多应用不允许直流耦合。

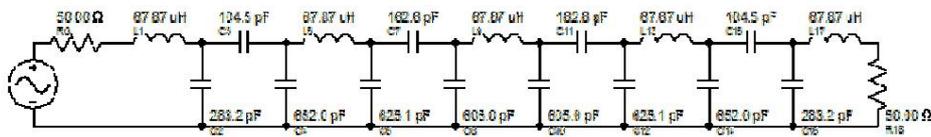
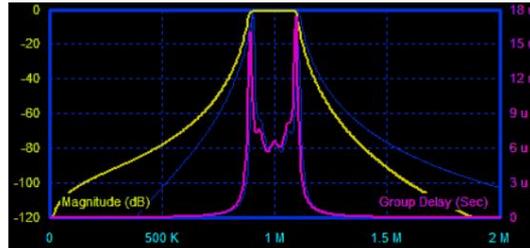
当直流耦合和显著不同的元件值不是问题时,低通近似管状滤波器可能很有用。可以通过设置截止频率和百分比通带收缩来手动设计此类滤波器。将此功能纳入管状菜单只是为了方便。

下面是低通近似管状特征的一个例子。很容易看出,通带在真实管状和低通近似中基本相同;低通近似的元素少得多,并且低通近似管状中存在直流耦合和较大的部分值扩展。





五阶低通近似管状



五阶实际管状

改善频率对称性

耦合谐振器和管状滤波器均会产生不对称的频率响应。如果不希望出现这种情况,可以通过交换外部电感器和电容器并改变其值来改善频率对称性。此功能可以通过选择适当的耦合谐振器或管状拓扑直接执行,如下图所示,也可以通过使用鼠标右键选择外部元件来手动执行。

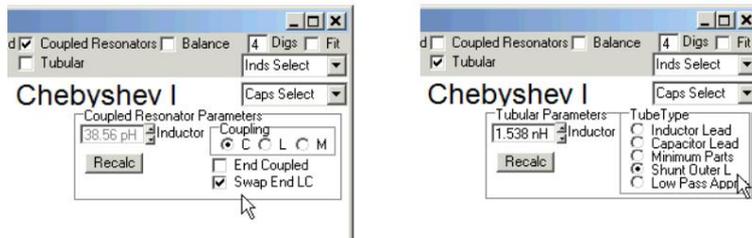


图 1:耦合谐振器和管状 LC 交换选择以改善频率对称性

下面用七极顶盖耦合谐振器滤波器说明了外部 LC 交换对频率响应的影响。

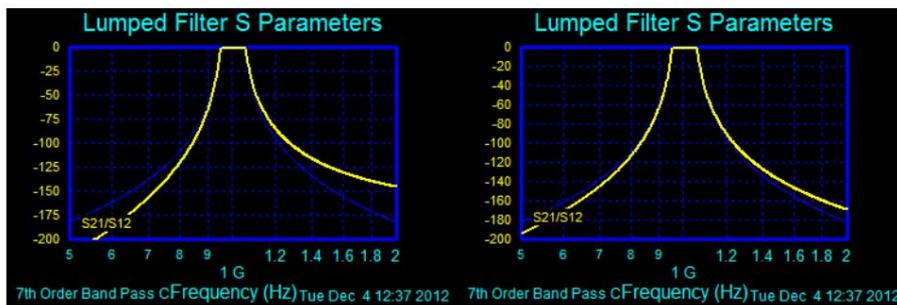


图 2:外部 LC 交换对七极耦合谐振器滤波器的影响

交叉耦合谐振滤波器

要创建带通交叉耦合滤波器,您必须选择带通、切比雪夫 I 型或椭圆滤波器。交叉耦合滤波器可以从切比雪夫 I 创建

具有阻带零点和离轴实数和四重零点的滤波器。无源电路原理图的工具栏中将有一个“X 耦合”复选框。选中此框,如果滤波器设计要求满足所有交叉耦合设计标准,则将显示交叉耦合谐振器带通滤波器。如果所选通带太宽或不满足其他标准,您将收到一条错误消息,通知您需要减小通带宽度或指示您满足其他标准。

设计灵活性

在交叉耦合谐振器滤波器上右键单击鼠标键,可以选择交叉耦合的诺顿变换。

通过在主面板右侧的集总控制面板中选中“阻抗匹配”复选框,非等端接滤波器可以自动匹配负载和源。这将根据需要应用诺顿变换,将等端接交叉耦合滤波器转换为阻抗匹配的非等端接滤波器。

输出

可以通过选择示意图菜单中的“矩阵”按钮来显示完整的耦合矩阵。然后将耦合矩阵打印或复制到其他应用程序中,如下表 1 所示。

```

0 0.08476 0 0 0 0.001248
0.08476 0 0.06018 0 -0.01325 0
0 0.06018 0 0.06758 0 0
0 0 0.06758 0 0.06018 0
0 -0.01325 0 0.06018 0 0.08476
0.001248 0 0 0 0.08476 0

```

表 1,6 极椭圆带通的耦合矩阵输出

所需条件:

除了要求切比雪夫 I 或椭圆选择外,交叉耦合谐振器滤波器还必须满足以下要求:

- 1) 有限负载和源电阻 (不允许单独端接和不平等端接)。
- 2) 偶数阶,偶数阶修正。(阶数必须是偶数,2,4 等,并且必须选中“偶数阶修正”。)
- 3) 带宽小于中心频率。为了获得准确的结果,带宽通常应远小于中心频率。
- 4) 为不平等的负载和源电阻选择“匹配阻抗”(不允许不匹配、不平等终止)。

交叉耦合谐振器带通滤波器是带通滤波器的窄带近似。与传统带通滤波器相比,使用交叉耦合的优势在于元件值更理想、更一致。当然,缺点是需要耦合电感器。

交叉耦合滤波器由垂直或圆形 LR 谐振器级联序列组成,至少相邻电感器耦合在一起。如果需要阻带零点,例如在椭圆滤波器中,则非相邻电感器也会耦合,尽管滤波器布局可以安排为使所有耦合电感器相邻。
耦合可以根据用户的判断显示为耦合系数 ($-1 < K < 1$) 或互感 ($M = K \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$)。

所有通过阶段均用于延迟均衡

有限 Q 分析

Filter Solutions 交叉耦合谐振器滤波器支持有限 Q 分析和补偿。但是,与所有窄带滤波器一样,有限 Q 补偿对性能的影响可能微不足道。对于分析,Filter Solutions 假设有有限 Q 产生的互阻抗与互感相同,即 $Z_m = K \cdot \text{SQRT}(Z1 \cdot Z2)$ 。

敏感性和蒙特卡罗分析

交叉耦合系数和互感均支持灵敏度和蒙特卡罗分析。灵敏度图表显示耦合系数 (K_{x_x}) 或互感 (M_{x_x}) 的条目,具体取决于用户选择的模式。蒙特卡罗的方法是选择一个电感器,然后在更改控制面板中选择“随机”、“更新所有电感器”和“更新所有耦合”。将电感器公差设置为“0”以仅分析交叉耦合。

可选视图

滤波器解决方案支持三种独立的交叉耦合滤波器可选视图:

1)全耦合矩阵

此视图显示下方所有非零耦合系数的谐振器,以及耦合的特定电感器的整数引用。此视图的优点是可以根据需要编辑整个耦合矩阵。将光标移到系数的垂直列上并选择鼠标左键可以编辑所有耦合系数,甚至零,如下图 1 所示。

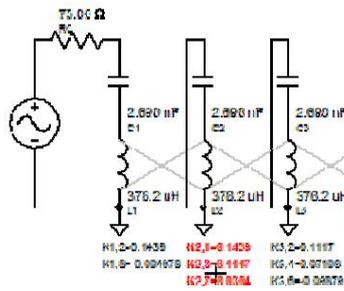


图 1:编辑通用耦合矩阵

2)特定耦合矩阵

此视图仅显示创建滤波器所需的耦合,即实现传输零点所需的所有相邻耦合和不相邻电感的必要耦合。只有显示的耦合可以编辑,如下图 2 所示。

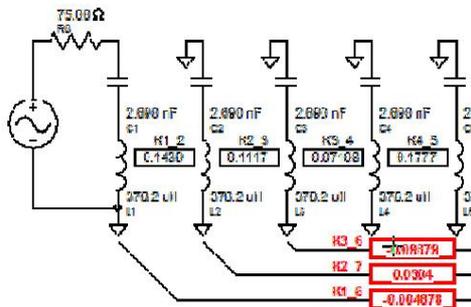
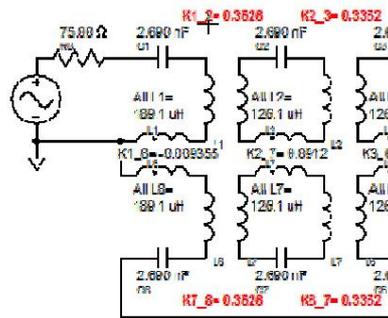


图 2:编辑特定耦合矩阵

3)相邻耦合拓扑

此视图与视图 2 类似,不同之处在于谐振器已被折叠,以使视图 2 中不相邻的耦合在视图 3 中相邻.对电感器和耦合系数值进行了调整,以保持频率响应.视图 3 非常理想,因为它可用于设计物理上可实现的滤波器,其中耦合电感器彼此相邻。

视图 3 中显示的耦合器可以像视图 2 中一样进行编辑,如下图 3 所示。



四重耦合谐振器带通滤波器

全交叉耦合滤波器的缺点在于,它可能无法始终适用于所有所需技术.有时,移除一些谐振器耦合以便只保留串联四重耦合会很方便.在主控制面板中选择“半带波纹”阻带.从阻带中移除传输零点,部分是为了能够构造具有串联四重耦合的滤波器.目前,还需要在阻带中选择“单点波纹”以允许滤波器的对称构造。

耦合矩阵差异

下表 1.2 和图 1.2 中分别显示了 8 极椭圆形的标准形式和四重耦合形式:

交叉耦合:

0	0.08216	0	0	0	0	0	-0.0009074
0.08216	0	0.05891	0	0	0	0.007371	0
0	0.05891	0	0.04518	0	-0.03506	0	0
0	0	0.04518	0	0.08148	0	0	0
0	0	0	0.08148	0	0.04518	0	0
0	0	-0.03506	0	0.04518	0	0.05891	0
0	0.007371	0	0.04986	0	0.05891	0	0.08216
-0.0009074	0	0	0	0	0	0.08216	0

表 1:标准交叉耦合形式的 8 极椭圆耦合矩阵

8th Order Band Pass Elliptic
 Center Frequency = 1.000 GHz Stop Band Ratio = 1.233
 Pass Band Width = 100.0 MHz Stop Band Width = 123.3 MHz
 Pass Band Ripple = 0.05 dB Stop Band Attenuation = 60 dB

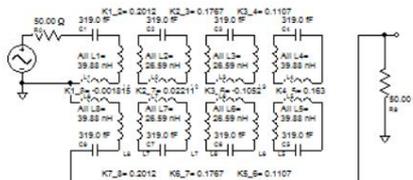


图 1:标准交叉耦合形式的 8 极椭圆耦合矩阵实现

四重态与单点波纹阻带耦合:

0	0.08023	0	-0.01828	0	0	0	0
0.08023	0	0.07112	0	0	0	0	0
0	0.07112	0	0.05004	0	0	0	0
-0.01828	0	0.05004	0	0.05364	0	0	0

0	0	0	0.05364	0	0.05004	0	-0.01828
0	0	0	0	0.05004	0	0.07112	0
0	0	0	0.04986	0	0.07112	0	0.08023
0	0	0	0	-0.01828	0	0.08023	0

表 2:串联四重耦合形式的 8 极椭圆耦合矩阵

8th Order Band Pass Elliptic

Center Frequency = 1.000 GHz Stop Band Ratio = 1.347
 Pass Band Width = 100.0 MHz Stop Band Width = 134.7 MHz
 Pass Band Ripple = 0.05 dB Stop Band Attenuation = 60 dB
 Half Single Stop Band Ripple

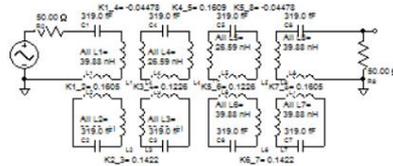


图 2:串联四重耦合形式的 8 极椭圆耦合矩阵实现

桥接管状和谐振器滤波器

桥接管状滤波器和桥接耦合谐振器滤波器可用于合成延迟均衡的 Chebyshev I 滤波器,而无需所有通过级或耦合电感器。更多信息可在帮助的“延迟均衡器”->“离轴实数和四重零点”部分下找到,或简短的帮助视频“桥接元件延迟均衡”。

桥式管状滤波器由水平电感器隔开的级联序列 PI 电容器部分组成。一个或多个桥式电容器串联连接滤波器相对两侧的 PI 部分,用于形成离轴零点,如下图 1 所示。

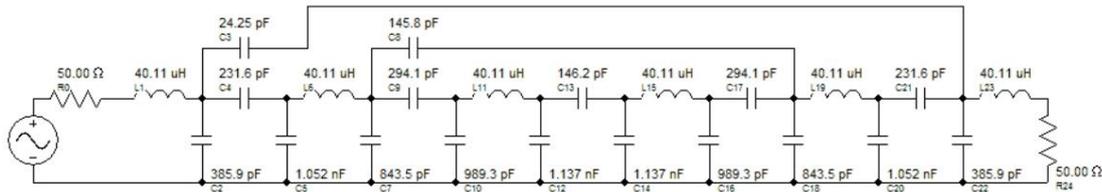


图 1. 桥接

管状拓扑示例

耦合谐振器滤波器类似,因为桥式电容器或电感器放置在耦合谐振器拓扑上。

要创建带通桥接管状或桥接谐振器滤波器,您必须选择带通、切比雪夫 I 型。桥接管状滤波器可以由具有阻带零点和离轴实数和四重零点的切比雪夫 I 型滤波器创建。无源电路原理图将在工具栏中有一个“管状”复选框。

选中此框,如果滤波器设计要求满足所有桥式管设计标准,则会显示桥式管状谐振器带通滤波器。如果选定的通带太宽或不满足其他标准,您将收到一条错误消息,通知您需要减小通带的宽度或指示满足其他标准。

设计灵活性

通过在主面板右侧的集总控制面板中选中“阻抗匹配”复选框,非等端滤波器可以自动匹配负载和源。这将根据需要应用诺顿变换,将等端桥式管状滤波器或谐振器滤波器转换为阻抗匹配的非等端滤波器。

可以在合成之后手动选择电感器或电容器值,以重新合成除第一个和最后一个电感器之外的所有电感器。

可以分流外部电感器或电容器来改善或改变频率响应不对称。

所需条件:

除了要求切比雪夫 I 或椭圆选择外,桥接管状谐振器滤波器还必须满足以下要求:

- 1) 有限负载和源电阻 (不允许单独端接和不平等端接)。
- 2) 偶数阶,偶数阶修正。(阶数必须是偶数 2,4 等,并且必须选中“偶数阶修正”。)
- 3) 带宽小于中心频率。为了获得准确的结果,带宽通常应远小于中心频率。
- 4) 为不平等的负载和源电阻选择“匹配阻抗”(不允许不匹配、不平等终止)。

桥式管状和谐振器带通滤波器是带通滤波器的窄带近似。与传统带通滤波器相比,使用桥式管状或谐振器滤波器的优势在于元件值更理想、更一致。

最小电感锯齿形滤波器

带阻带的带通滤波器（切比雪夫 II、沙漏和椭圆）可通过使用锯齿形滤波器实现来减少电感器数量。锯齿形滤波器的缺点是原始设计的源电阻会发生变化，并且在锯齿形滤波器的设计中，如果不引入小误差，则无法实现等电阻端接和单端接。

偶数阶锯齿形

偶数阶锯齿形滤波器使用自动选择的“偶数阶调制”功能修改带通函数。然后精确再现偶数阶修改后的带通函数。偶数阶锯齿形滤波器需要 N 个电感器，其中 N 是滤波器的原型阶数。当设计源电阻等于设计负载电阻时，更容易实现极窄的通带和极高的阶数滤波器 (>10)。

奇数阶锯齿形

奇数阶锯齿形滤波器只能实现与理想带通函数的近似，因为必须修改传递函数以将两个反射零点从虚轴重新定位到实轴，从而创建参数滤波器。奇数阶锯齿形滤波器需要 $N-1$ 个电感器，其中 N 是滤波器的原型阶数。请注意，奇数阶锯齿形滤波器所需的电感器比偶数阶少。通常，极窄的通带或极大阶滤波器 (>10) 目前不如偶数阶设计终止锯齿形滤波器那样容易实现。

设置源电阻

纯 Zigzag 滤波器最终的源电阻与设计值不同，并且无法实现等端接的 Zigzag 滤波器。但是，可以通过添加一个电容器并执行 Norton 变换将源电阻设置为任何所需值。此步骤通过选中 Passive Control Panel 中的“Set Source Res”复选框自动执行。如果所需的端接不相等，有时可以通过实验性地输入不同的设计源电阻来设置源而不添加电容器，直到获得所需的实际源。

相等电感器

锯齿形滤波器可以设计为整个滤波器只有一个电感值。这样做的代价是需要更多电容器，并且在偶数阶的情况下，将源电阻设置为特定值。对于奇数阶锯齿形，用户可以在滤波器原理图右上角显示的指定范围内选择单个电感值。设置自定义电感值通常需要增加一个电容器。对于偶数阶锯齿形，可以设置源电阻，但需要两个电感值而不是一个。

等电感 Zigzag 通常需要较大的阻带衰减或阻带比，以实现全正元件值设计。阻带比一般设置在 2.5 到 4.0 之间。如果 Zigzag 设计需要较小的阻带比，则等电感设计通常无法实现，无法使用。

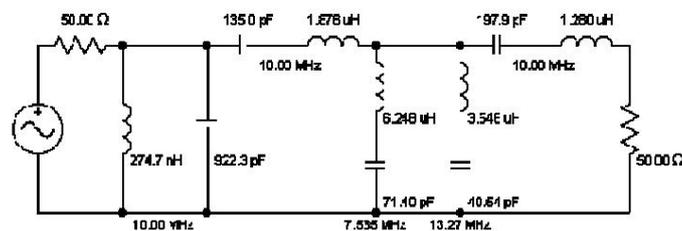
负元素值

锯齿形滤波器偶尔会产生负元件值，尤其是奇数阶锯齿形滤波器。发生这种情况时，纠正措施是增加通带纹波或阻带比或衰减，直到负值变为正值。如果选择了等电感，则可能需要取消选择等电感。

要创建 Zigzag 滤波器，请选择 Chebyshev II、沙漏或椭圆滤波器；非零源电阻，然后选中无源控制面板中的“Zigzag”复选框。

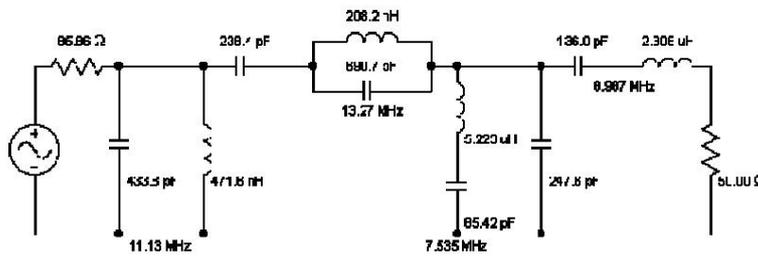
锯齿形过滤器示例

以下是 4 阶经典椭圆滤波器。请注意，有五个电感器。



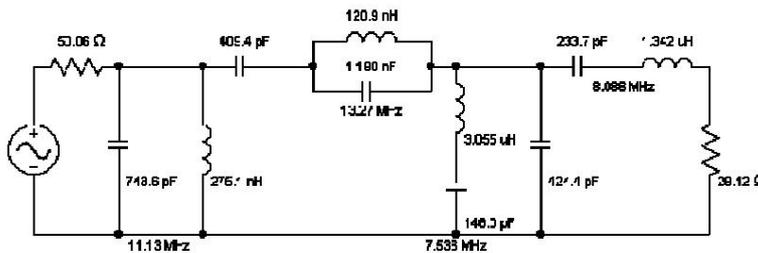
经典带通滤波器

以下是等效 4 阶锯齿形滤波器的示例。请注意，只有四个电感器，并且源电阻不再是 50 欧姆。



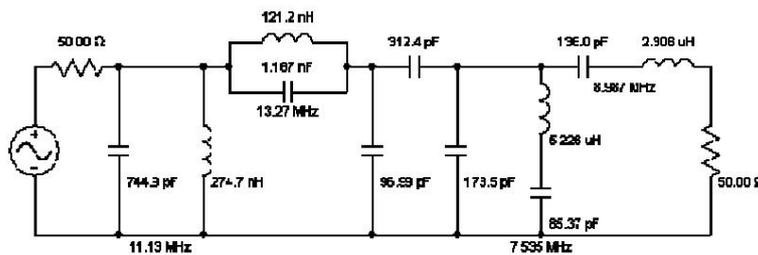
最小电感锯齿形滤波器

以下示例是与上述相同的锯齿形滤波器,但经过修改,以实现相等的源和负载端接。将源电阻和负载电阻设置为任意值的代价是滤波器中间出现额外的 96.99 pF 电容器。请注意,滤波器的前半部分是使用诺顿变换进行阻抗缩放的。



等端最小电感锯齿形滤波器

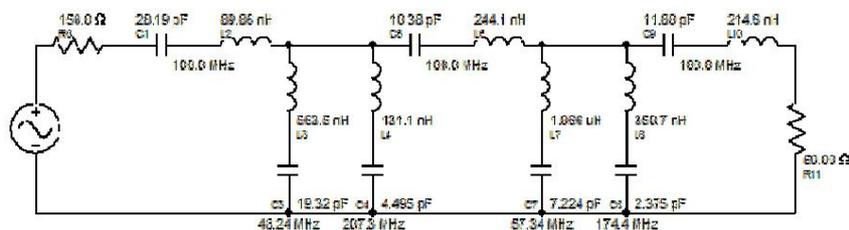
如果仅固定源电阻要求,则可以手动计算创建所需源电阻所需的负载电阻。在上面的例子中,输入 29.12 欧姆 (50*50/85.86) 作为负载和源电阻将产生具有 50 欧姆源电阻的锯齿形滤波器,如下所示:

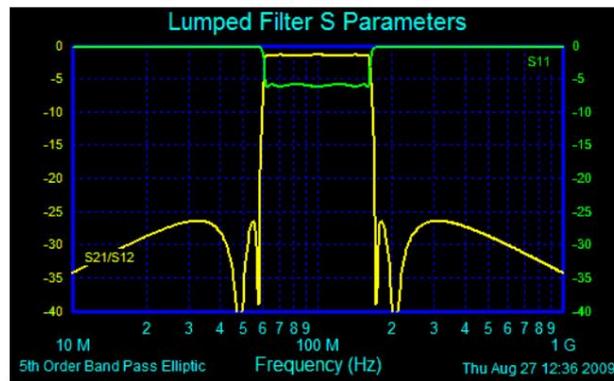


锯齿形滤波器调整至仅实现 50 欧姆源电阻

匹配不均匀终止滤波器

采用不等端接设计的滤波器往往会产生不良反射 (S11 和 S22),这些反射可能不符合设计规格,如下图所示,是经典的不等端接 150 欧姆源和 50 欧姆负载椭圆带通滤波器。请注意 S11 性能不佳,如下图所示,端接不匹配的 5 阶经典椭圆设计。





阻抗不匹配滤波器和 S12/S11

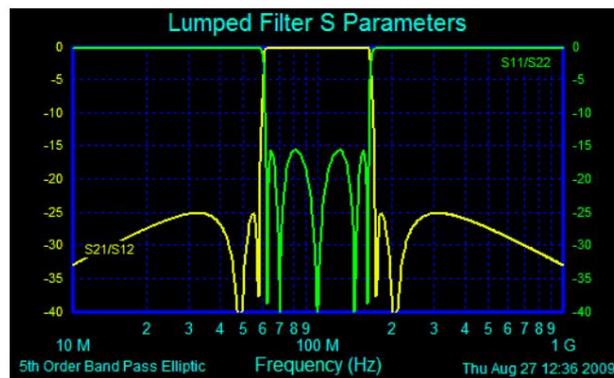
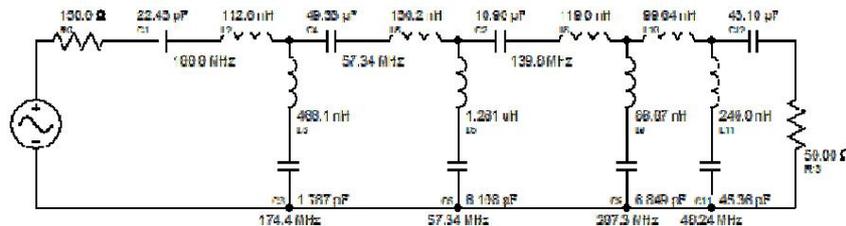
如果是带通滤波器,则通过将一个或多个诺顿变换应用于具有相同终端设计的类似设计的滤波器,几乎总是可以纠正这个潜在问题。

可以使用鼠标右键在任何 PI、TEE 或 L 组类似元件、PI 排列的并联 LC 谐振器和 Tee 排列的串联 LC 谐振器上手动应用诺顿变换。应用手动诺顿变换有时需要使用鼠标右键重新排列零件,使其变成所需的 PI、Tee 或 L 形式,然后才能应用诺顿。

不等端接带通滤波器的自动匹配

选中主控制面板右侧集总控制面板中的“匹配阻抗”复选框,可以设计一个均等端接滤波器并应用必要的 Norton 变换来创建指定的端接电阻。当需要多个 Norton 变换和/或元素需要进行大量重新排列才能进入所需的 Norton 配置时,这有时可以节省大量时间。

下面是相同的经典带通滤波器,通过内部重新排列部件和战略性地应用诺顿变换自动匹配。请注意,源仍为 150 欧姆,负载仍为 50 欧姆。

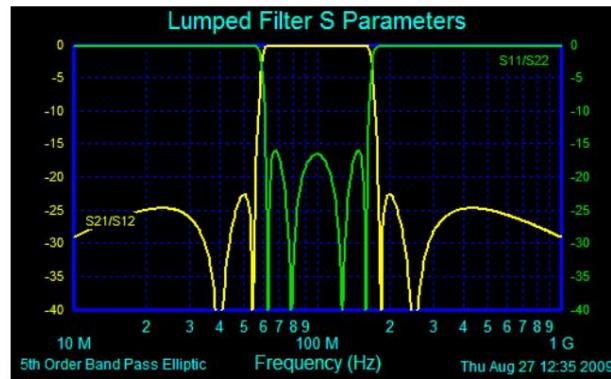
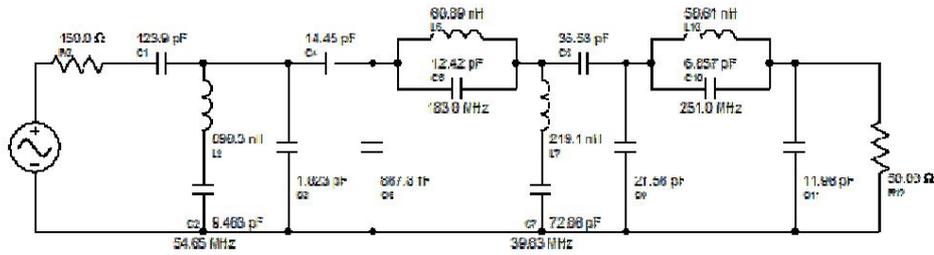


阻抗匹配滤波器和 S12/S11

请注意,通过对不匹配终端进行自动阻抗匹配,S11 性能得到了极大改善。

匹配最小锯齿状滤波器

值得注意的是,上述滤波器采用如下所示的锯齿形拓扑结构设计,效率更高,匹配和不匹配版本都只需要四个电感器,而传统设计则需要七个不匹配电感器和八个匹配电感器。源和负载仍然分别为 150 欧姆和 50 欧姆。



阻抗匹配锯齿形滤波器和 S12/S11

仅使用四个电感器

低通、高通和带阻滤波器

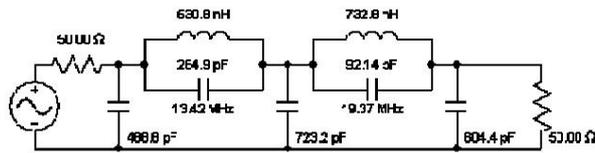
任何滤波器都可能具有不匹配的负载和源,通过在匹配网络的任意位置添加耦合线圈变压器并对变压器应用诺顿变换来匹配。在网络中添加变压器也会阻止直流和无穷大处的频率,因此如果必须通过这些频率,变压器匹配方案将不起作用。

通过右键单击网络中的任何组件,然后从弹出窗口中选择“添加新”和“变压器”来添加变压器。

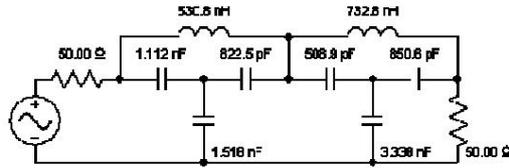
桥接 T 型拓扑

滤波器解决方案提供了合成低通和高通带阻滤波器的灵活性,即阻带中传输零点的滤波器,采用桥接 T 拓扑,因其物理布局类似于顶部有桥的“T”而得名。经典 LC 槽拓扑通常优于桥接 T 拓扑,因为所需的部件更少,低通滤波器在所有节点都包含一个分流电容器。然而,桥接 T 往往需要更大的电容值。在小电容值不切实际或不可用的情况下,例如 < 1pF,桥接 T 拓扑可能更可取,因为它们可以用更大的电容器合成。

下面是采用经典 LC Tank 和桥式 T 拓扑设计的 5 阶椭圆滤波器的示例。两者的频率响应相同,并且表现。



经典 LC 槽路拓扑



桥接 T 型拓扑

请注意,经典 LC 槽路拓扑结构所需的电容比桥式 T 少一个,而 LC 槽路拓扑结构在每个节点处都有一个电容,可用于吸收寄生节点电容。一般来说,人们会选择上述经典 LC 设计,而不是桥式 T。

然而,如果出于某种原因无法获得低于 500pF 的电容值,那么经典的 LC Tank 设计就很难实现。在这种情况下,桥接 T 设计可能更可取。

电感带通滤波器

全极滤波器

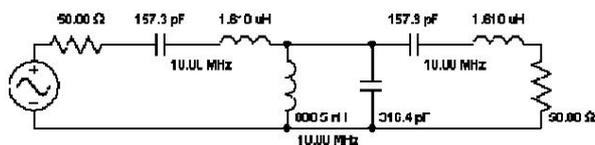
所有极点带通和锯齿形滤波器均可仅使用一个电感值构建。有关锯齿形等电感滤波器的信息,请参阅锯齿形部分。

对于全极点滤波器,即没有阻带零点的滤波器,不等电感拓扑可以转换为等电感拓扑。与奇数阶锯齿形滤波器不同,全极点带通滤波器需要固定的单个电感值,该值不由用户选择。对于奇数阶等端接滤波器,这种转换对源电阻没有影响。对于偶数阶和非等端接滤波器,源电阻会发生变化。如果要求源电阻为固定值,则“设置源电阻”选项将使用两个电感值而不是一个电感值来合成滤波器。

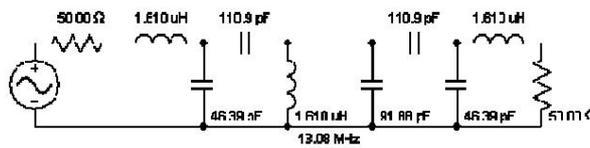
用一个电感值合成所有极点滤波器具有明显的优势,即需要更少的昂贵电感值。它还具有可以设计出在每个节点放置一个分流电容器的优势。分流节点电容器可用于吸收寄生节点电容并消除或最小化寄生节点电容引起的失真。对于中频或宽带滤波器,这尤其可取,因为管状滤波器需要窄带,无法为中频和宽带合成。

中宽带等电感带通滤波器有时需要负元件值。发生这种情况时,可以通过缩小带宽或阶数来消除它们。如果无法缩小带宽或阶数,则等电感可能不适用于该应用,应取消选择该选项。

下面的例子是 3 阶切比雪夫,其中心频率为 10MHz,带宽为 10MHz。



经典不等电感设计



采用一个电感值的等电感设计

请注意,上述等电感器设计仅包含一个电感器值,并且每个节点都包含一个分流电容器,这些良好特性的代价是增加了两个额外的电容器,还请注意,等电感器设计中保持了物理对称性。

阻带滤波器 (“参数”滤波器)

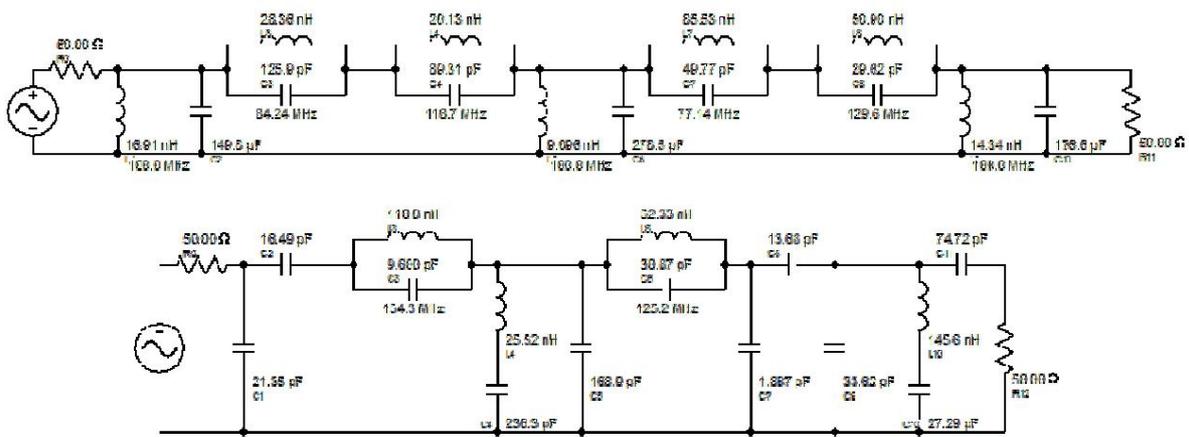
Chebyshev II、Hourglass 和 Elliptic 滤波器的阻带滤波器可能将所有并联电感器或所有串联电感器设置为相同的值。此类滤波器有时被称为“参数滤波器”。阻带滤波器的相等电感器设计有时会改善中频和窄带滤波器的电感器扩展比,并且在并联电感器的情况下,具有为所有节点提供并联电容器的额外好处,以便可以轻松吸收寄生节点电容。代价是需要更多电感器。

值得注意的是,等电感曲折滤波器能够将电感扩展比降低到 1 (完美),但可能会导致负电感值。在这些情况下,等电感经典带通滤波器可以提供比标准锯齿形滤波器和标准经典滤波器更好的电感扩展比。

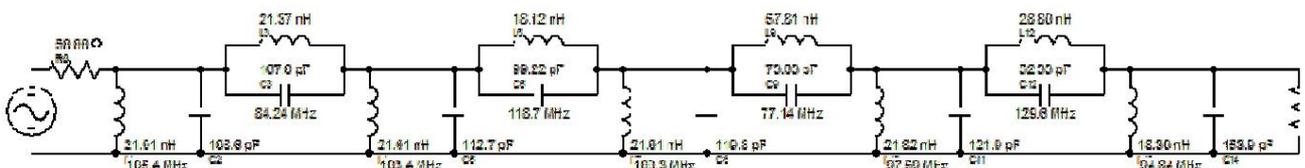
等电感经典阻带滤波器会稍微改变源电阻,如果这令人反感,则“设置源电阻”选项将恢复源电阻,但代价是减少电感器数量和可能的电感器扩展率。

例子:

下面是一个带宽为 20%、截止频率陡峭、采用经典和锯齿形拓扑的 5 阶椭圆滤波器的示例,后面跟着相等的电感器对应部分。



经典和锯齿形椭圆滤波器



电感器件经典拓扑（一些分流电感器略有改变,以恢复 50 欧姆源电阻）

在这种情况下,电感锯齿形滤波器将具有负元件,并且不能用于绝大多数应用。电感扩展比和电感数量如下:

拓扑结构 电感比例 电感数量

古典音乐:9.40 7

之字形:5.71 4

等电感,曲折 --- 负值,NA ---

等电感,经典 3.19 9

容易看出,在这种情况下,电感经典拓扑产生最小的电感扩展比,并且在电感数量不是很重要的情况下很有用。

级联高通和低通拓扑

带通滤波器可以实现为集成的高通和低通元件,通常通过应用低通到带通转换,或通过级联单独的低通和高通级来实现。有时尝试两种设计以评估所需范围内的元件值很有用。级联高通/低通拓扑不会产生物理对称的滤波器,并且可能无法用单个或仅两个电感器值来实现。

级联高通/低通滤波器有时可用于实现宽带滤波器,并且倾向于分别最小化滤波器低通和高通部分的电感分布。在偶数阶带滤波器的情况下,可以使用与锯齿形滤波器相同的电感数量来实现最小电感数量。

通过选中“无源设计”面板中的“高通/低通”复选框,或者在显示时选中“高通/低通 1”或“高通/低通 2”复选框,可以选择级联高通和低通拓扑。

源电阻

级联高通和低通合成经常会改变源电阻的值。如果这令人不快,选择“设置源电阻”通常可以通过添加额外的电容器或电感器来解决问题,以强制源电阻恢复到原始设计值。Hi/Lo 2 选择无法调整源电阻

全极滤波器

高斯、贝塞尔、线性相位、巴特沃斯、勒让德和切比雪夫 I 等全极点滤波器最容易以级联高/低拓扑形式实现。这些拓扑几乎没有任何限制。

阻带滤波器

切比雪夫 II、沙漏和椭圆阻带滤波器可在级联高通/低通拓扑中实现。10 阶或以下的偶数阶滤波器有两个选项,HiLo 1 和 HiLo2。

Hi/Lo 1 选项产生与奇数阶类似的拓扑结构。

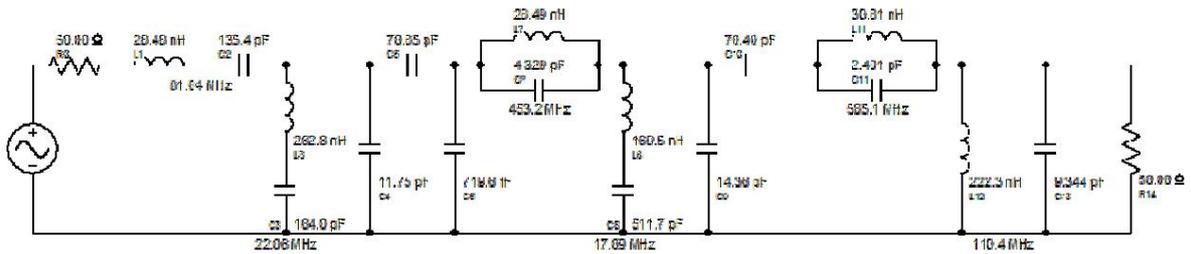
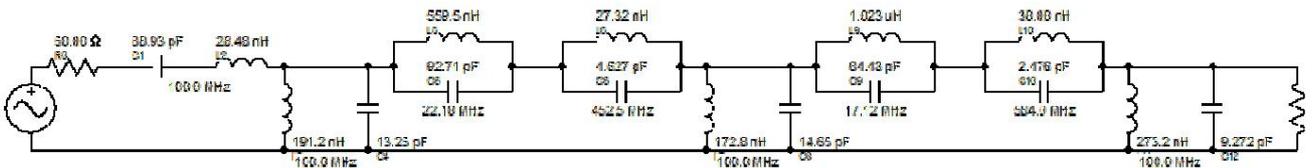
Hi/Lo 2 选项可最大程度地减少电感器数量,但会导致无法恢复的设置源电阻值。

非对称带通滤波器

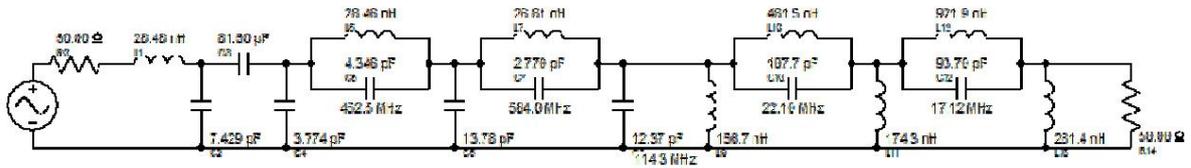
频率不对称带通滤波器可通过级联高通/低通级实现,并且通常生成效率更高,尤其是在需要阻带零点时。当 Butterworth 或 Chebyshev I 集成不对称带通滤波器的阻带零点放置遇到问题时,建议的纠正措施是切换到级联高通/低通不对称滤波器。

例子:

下面是一个 6 阶、300% 带宽、陡峭截止椭圆设计的示例。经典和锯齿形拓扑显示在顶部。低通/高通拓扑显示在下方,用于比较电感器数量和电感器分布。经典和锯齿形等电感器拓扑在这种情况下会产生负值,并且不会用于比较,因为它们的应用极少。



经典和曲折滤波器拓扑。



高/低 1 和高/低 2 滤波器拓扑

电感分布和电感数量如下:

拓扑结构 电感比例 电感数量

古典音乐:37.48

之字形:9.936

最小电感拓扑: --- 负值 NA ---

高/低 1.5.88/1.06* 8

高低2.1.43/1.43* 6

* 滤波器的高通和低通部分分别显示

很容易看出,当源电阻不重要时,高通/低通 2 拓扑是宽带陡峭截止情况的优越拓扑。如果源电阻很重要,那么高通/低通 2 或 Zigzag 效果最好,具体取决于电感器数量要求。

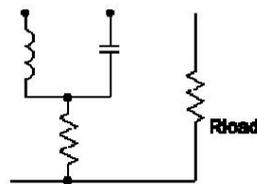
幅度均衡器

具有相等或接近相等终端的集总滤波器无法通过改变极点/零点图来补偿有限 Q。由于有限 Q 导致的大部分性能下降都发生在拐点频率,因此可以降低除过渡之外所有地方的频率响应幅度,以产生均匀衰减的频率响应。滤波器解决方案支持对具有有限 Q 元件的滤波器进行串联、分流和等阻幅度均衡。要对滤波器进行幅度均衡,请在电路显示右上角的幅度均衡选择框中选择“分流”、“串联”或“Const”。只要生成具有有限 Q 的无源滤波器,就会显示此框。

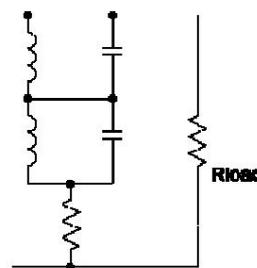
幅度均衡器元素值是可以改变的,就像滤波器中所有其他元素值一样。如果对某个幅度均衡效果不满意,可以调整均衡器中的值以获得更理想的效果。

分流幅度均衡器

在由有限 Q 元件生成的无源电路的幅度均衡选择框中选择“分流均衡”,可生成分流幅度均衡器。在滤波器末端添加以下 RLC 电路之一可大致实现幅度均衡:



高通和低通分流均衡器



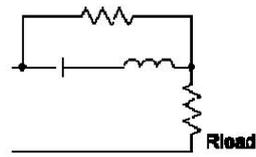
带通和带阻分流均衡器

如果将一个 LC 谐振腔的谐振频率设置为滤波器截止频率,则衰减在截止频率处最小,但在其他任何地方都会插入衰减。如果正确设置了 LC 谐振腔的 Q,则将产生衰减无限 Q 频率轨迹的近似值。由于分流均衡器具有略微降低负载阻抗的效果,因此会引入滤波器频率响应中的轻微失真。

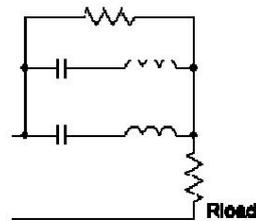
系列幅度均衡器

在由有限 Q 元件产生的无源电路的幅度均衡选择框中选择“串联均衡”,可产生串联幅度

均衡器。在滤波器末端添加以下 RLC 电路之一可大致实现幅度均衡：



高通和低通串联均衡器

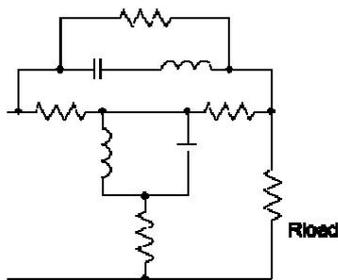


带通和带阻系列均衡器

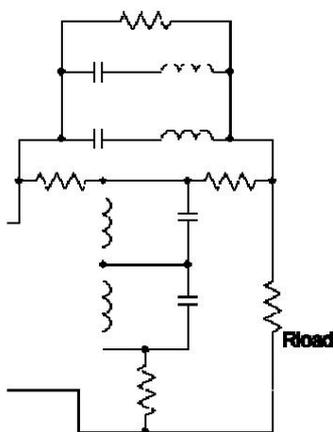
如果将一个 LC 谐振腔的谐振频率设置为滤波器截止频率,则衰减在截止频率处最小,但在其他任何地方都会插入。如果正确设置了 LC 谐振腔的 Q,则将产生衰减无限 Q 频率轨迹的近似值。由于串联均衡器具有略微增加负载阻抗的效果,因此会在滤波器频率响应中引入轻微失真。

恒阻振幅均衡器

在由有限 Q 元件生成的无源电路的振幅均衡选择框中选择“恒定阻抗”,可生成等阻振幅均衡器。在滤波器末端添加以下 RLC 电路之一可大致实现振幅均衡：



高通和低通等阻均衡器



带通带阻等阻均衡器

如果将一个并联谐振器和一个串联 LC 谐振器的谐振频率设置为滤波器截止频率,则衰减在截止频率处最小,但在其他任何地方都会增加。如果 LC 谐振器的 Q 值设置正确,则将产生衰减无限 Q 频率轨迹的近似值。由于等阻均衡器不会增加或减少负载阻抗,因此不会在滤波器频率响应中引入失真。

调整等幅均衡器时,保持均衡器的等阻特性非常重要。这是通过保持以下关系来实现的:

$$R_{series} = R_{square} / R_{shunt}$$

$$C_{series} = L_{shunt} / R_{square}$$

$$L_{series} = C_{shunt} * R_{square}$$

在哪里:

R_{square} 是 R_{load} 的平方。

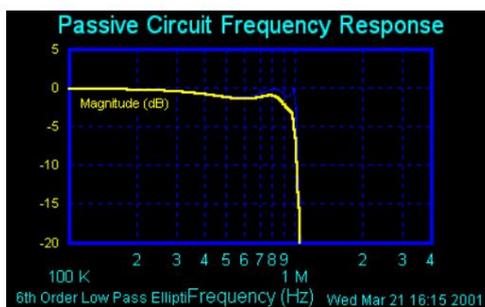
下标“串联”和“分流”指的是均衡器的串联和分流部分。

选中变更控制面板中的保持相等阻抗复选框将导致幅度均衡器中的其他元素自动更新,以保持相等的电阻。

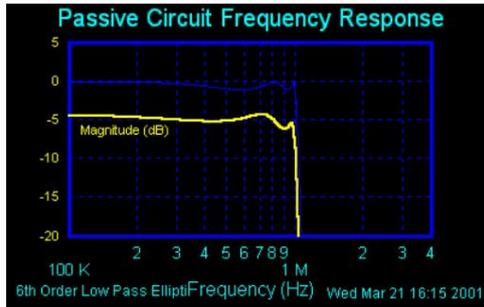
幅度均衡的影响

下图显示了电感 Q 值为 40、电容 Q 值为 150 的低通椭圆滤波器的效果。深蓝色轨迹是理想响应。黄色是均衡的有限 Q 响应。

以下频率图描绘了有限 Q 对具有和不具有幅度均衡的六阶椭圆低通滤波器的均衡效果。深蓝色轨迹是理想滤波器。黄色轨迹是具有有限 Q 效应的实际滤波器。生成曲线的滤波器的电感 Q 为 40,电容 Q 为 150。



无幅度均衡的有限 Q 效应

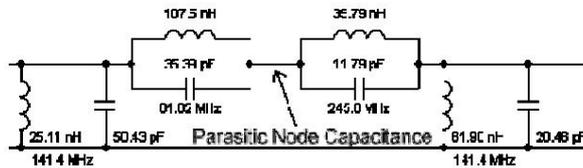


具有幅度均衡的有限 Q 效应

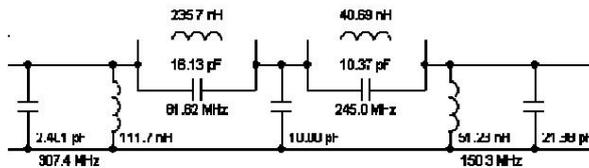
分流节点电容补偿

印刷电路板上的节点往往在每个物理节点处都有一个分流寄生电容。最好在滤波器设计的每个节点处都有一个分流电容,以便将寄生电容吸收到设计电容中。管状滤波器和一些谐振器滤波器对所有极点带通滤波器都这样做,但经典带阻滤波器存在一个问题,即 LC 零点之间的节点没有设计分流电容器,这使得滤波器容易受到寄生分流节点电容导致的频率响应退化的影响。

幸运的是,滤波器解决方案包含一个选项,可以将经典的阻带滤波器转变为用户可在 LC 谐振电路之间选择分流电容的设计。



滤波器解决方案分流节点电容补偿如下所示,将上述设计转换为两个 LC 槽路之间具有分流电容的等效电路。新的 10pF 值可由用户选择。它应至少设置为与寄生节点电容一样高,以便将寄生电容正确吸收到设计中。



改变设计的过程也会改变源电阻值。

最好使用偶数阶滤波器,这样源电阻才可以恢复到应有的值。选中“设置源电阻”以强制源电阻恢复到其原始值,或手动右键单击可恢复的电容器以设置源。

甚至订单修改

问题描述

偶数阶滤波器 Chebyshev I, Chebyshev II, Hourglass 和 Elliptic 会产生一个特殊问题,即当它们的源电阻和负载电阻相当时,它们的标准形式无法通过无源 RCL 电路实现。Filter Solutions 通过提供选项来修改这些标准滤波器,使其成为可通过此类终端实现的滤波器形式,从而解决了这个问题。

如果没有为偶数阶 Chebyshev I 滤波器选择偶数阶修改,则计算实现滤波器最大功率传输的源电阻,并在必要时替代用户选择的源电阻。

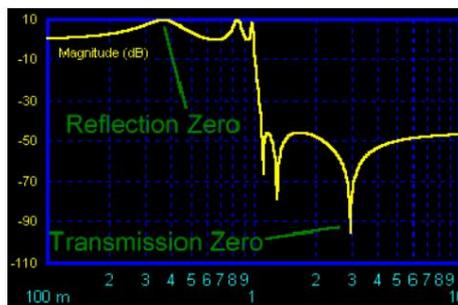
一般来说,要使滤波器可实现,低通滤波器频率响应必须在 0Hz 处有一个反射零点,在无穷远处有一个传输零点。对于高通滤波器,反射零点必须在无穷远处,而传输零点必须在 0Hz 处。对于带通滤波器,反射零点必须在中心频率处,而传输零点必须在 0Hz 和无穷远处。对于带阻滤波器,反射零点必须在 0Hz 和无穷远处,而传输零点必须在中心频率处。

滤波器解决方案在控制面板的右下角显示“偶数阶修改”选项,选中后,将修改滤波器频率响应以符合这两个要求。

在设计双工器时,这种偶数阶修改非常重要,因为它允许使用偶数阶滤波器,从而最大限度地减少了创建双工器所需的电感器数量。

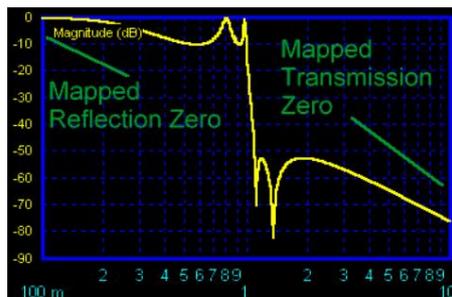
图示

下面是低通滤波器问题和频率修改解决方案的图形描述。这个 6 阶 Chebyshev I 滤波器说明了这个问题。这个 6 阶滤波器的最低频率反射零点为 0.4 Hz,最高频率传输零点为 3 Hz。因为如果这样,这个滤波器就无法在具有可比负载和源电阻的情况下实现。



为了实现 6 阶 Chebyshev I 电路,Filter Solution 修改了频率响应,使最低频率反射零点映射到 0Hz。结果不再是真正的 Chebyshev I 滤波器,而是可以使用具有可比源电阻和负载电阻的 RCL 电路实现的改进型 Chebyshev I 滤波器。

如您所见,最低频率反射零点现在为 0Hz。它仍然是 6 阶滤波器,衰减比 5 阶滤波器更大。

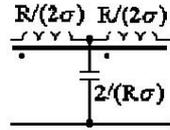


全通无源电路元件

滤波器解决方案支持桥接 T 拓扑平衡和非平衡全通部分,以及晶格拓扑不平衡状态。(需要注意的是,桥接 T 和晶格结构也用于支持双实数和四重零点。)非平衡低 Q 全通部分需要耦合线圈。平衡全通部分则不需要。
方程式和拓扑如下所示。

真正的全通电路元件

真正的全通电路部分始终具有以下形式:

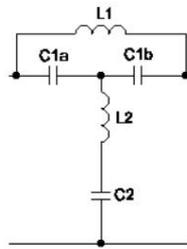


其中 R 是负载电阻, σ 是距原点的距离。

复杂全通电路元件

复杂的全通道部分可能有三种不同的形式。滤波器解决方案选择具有最少电感、所有元件值均为正值且所有元件值均符合实际的形式。

对于 Q 大于 1 的所有传递, 使用以下元素:



Where:

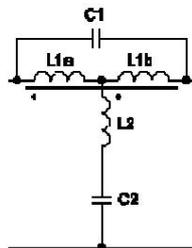
$$L1 = 2R/(Q\omega_0)$$

$$C1a = C1b = Q/(R\omega_0)$$

$$L2 = QR/(2\omega_0)$$

$$C2 = 2Q/((Q^2 - 1)\omega_0 R)$$

对于所有 Q 小于 1 的通道部分, 使用以下内容:



Where:

$$L1a = L1b = L(1 + K)/2$$

$$C1 = Q/(2R\omega_0)$$

$$L2 = L(1 - K)/2$$

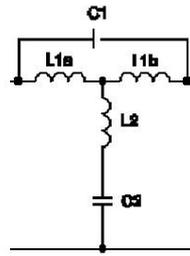
$$C2 = 2/(RQ\omega_0)$$

and

$$L = R(Q^2 + 1)/(2Q\omega_0)$$

$$K = (1 - Q^2)/(1 + Q^2)$$

在极少数情况下,如果使用上述高 Q 全通, Q 值略大于 1 的全通部分会导致电容过大,发生这种情况时,请使用以下方法:



Where:

$$L1 = L(1 + K)$$

$$C1 = Q/(2RW\omega)$$

$$L2 = LK$$

$$C2 = 2/(RQW\omega)$$

and

$$L = R(Q^2 + 1)/(2QW\omega)$$

$$K = (Q^2 - 1)/(1 + Q^2)$$

请注意,当 Q = 1 时,L2 变为零,当安装 Q 为 1 的全通时,Filter Solutions 会在全通中移除 L2。

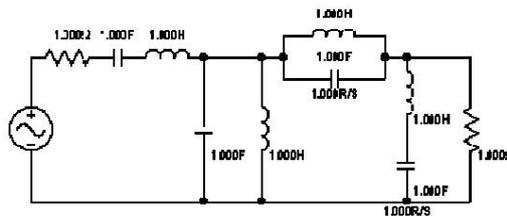
平衡无源电路

Filter Solutions 支持平衡和不平衡无源滤波器,许多应用都需要平衡电路,因为平衡电路具有更好的抗噪特性。要将不平衡电路转换为平衡电路,请将串联电感器切成两半,并在底部放置一个相同的电感器,将串联电容器加倍,并在底部放置一个相同的电容器,所有并联元件都应保持不变。

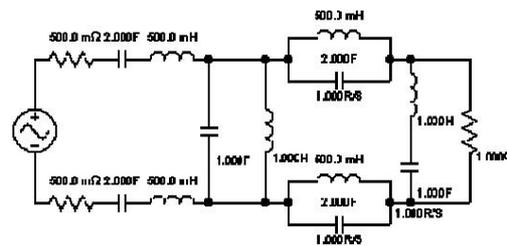
可以通过勾选每个无源滤波器示意图上方的“平衡”框来平衡整个无源电路,使用鼠标右键可以平衡或不平衡单个元件,LC 槽路对或所有通路部分。

例子:

滤波器解决方案不平衡无源电路:



等效平衡电路:

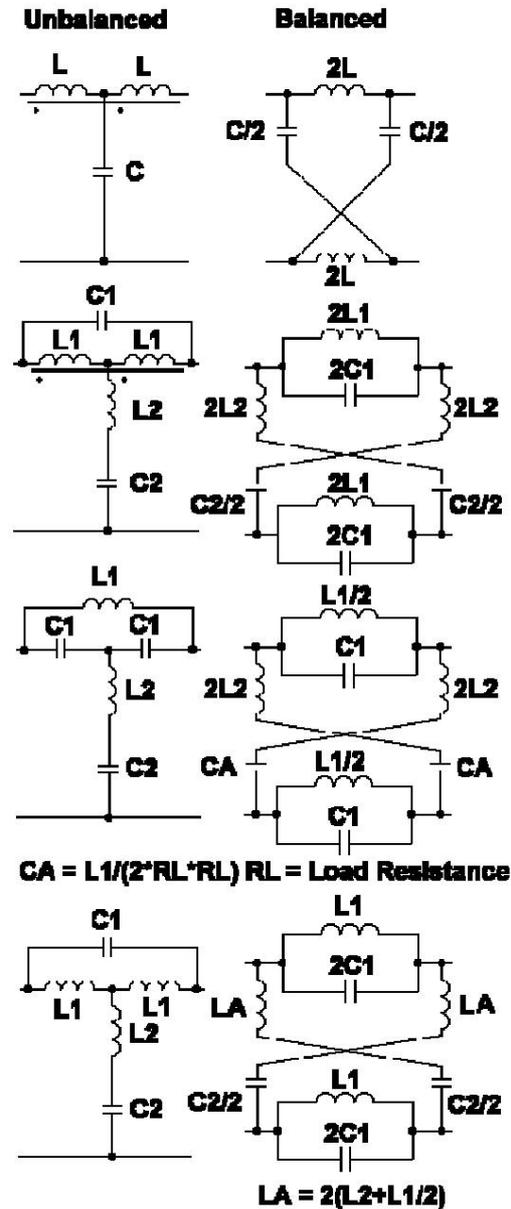


上述两个电路中负载电阻两端的电压信号相同。

平衡所有通道部分

上述技术也可用于创建平衡全通网络。但是,平衡全通网络也可以在不使用耦合线圈的情况下创建。滤波器解决方案提供“平衡 1”选项来选择平衡 T 级,提供“平衡 2”选项来选择不带耦合线圈的平衡晶格级。平衡 T 级通常比平衡晶格级更不受元件误差的影响。在选择特定拓扑之前,应进行蒙特卡罗分析以确定滤波器性能。

下图显示了从左侧不平衡 T 全通电路部分到右侧等效平衡晶格全通电路部分的转换。
当上 T 元素的值相等时,平移也适用于对偶实数和四重零点。

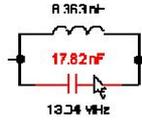


修改集总电路元件

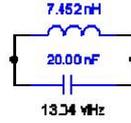
可以修改无源电路元素,并实时显示效果。元素值可以更新为选定值、百分比变化、最接近的标准部件、最接近的标准工业值或随机值。随机值功能可用于执行蒙特卡罗分析。

修改无源电路元件:

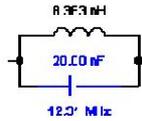
将光标移到要修改的元素上。它将变成红色。单击鼠标左键可更改元素值。



修改后,元素和共振频率显示为蓝色。

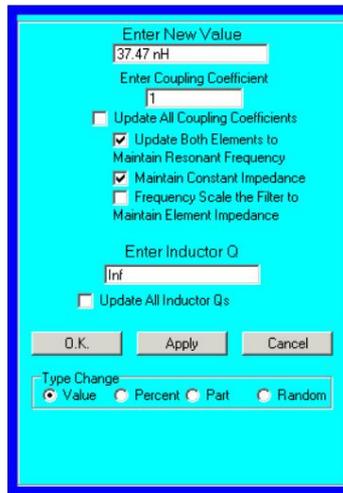


未修改的共振频率显示为黑色。



可以使用颜色控制面板更改红色和蓝色。

单击鼠标左键调出更改控制面板



更改控制面板条自定义如下表

输入组件所需的新值。

输入新值

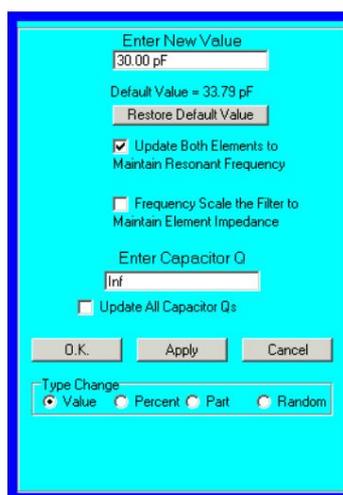
如果修改了双工器非补偿元件,则两个补偿元件都将自动更新以适应新的补偿要求。手动修改其中一个补偿元件后,此自动补偿更新将停止。

输入耦合

仅对耦合电感器显示。输入所需的实际耦合

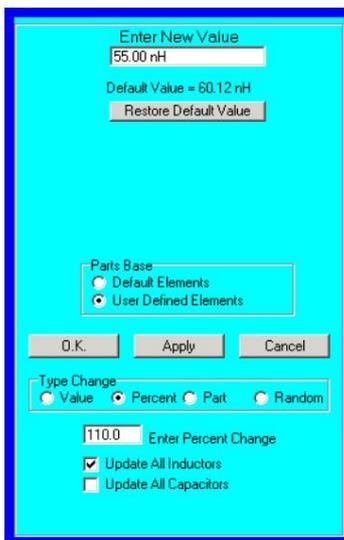
系数	分析计算的系数。
更新所有耦合系数	检查以更新滤波器中所有耦合电感的耦合系数。
	仅显示 LC 罐元件
将两个元件更新为当选择两个 LC 槽元件中的一个时,选中此“保持谐振”框将导致另一个元件自动更新为一个值,该值将保持槽的谐振频率。取消选中此框可单独更新槽元件。	
维持恒定阻抗	仅对恒定阻抗振幅均衡器显示。选中可更新振幅均衡器中的其他元素以保持恒定阻抗属性。
频率缩放 滤波器维护 元件阻抗	如果您希望对滤波器进行频率缩放,以将所选元件的阻抗保持在新元件值,请选中此框。滤波器解决方案将更改滤波器上的所有其他无功元件,以在新频率下保持滤波器特性。
输入电感 Q	输入所需的电感或电容 Q。无限 Q 可以用“Inf”、“i”或“0”表示。
更新所有电感器 Q	选中此框可以将电路中的所有电感器或电容器更新为“输入电感器 Q”框中输入的值。
好的	关闭控制面板并更新电路中的元件值。
申请	无需关闭更改控制面板即可实时更新电路和图形显示。
取消	关闭控制面板并且不更新元素值。
类型更改	指定将元素更新为固定值、值的百分比变化、最接近的标准部分或随机值。

当选择以前更改过的组件进行更改时,会显示该组件的默认值,更改控制面板如下所示。



恢复默认值将组件设置回原始值并将其变为黑色。

可以通过选择面板底部的“百分比”来指定元素值的百分比变化。底部的复选框将以相同的百分比更新所有类似元素。零件库选择决定是否根据默认零件值或当前零件值计算百分比变化。



可以通过选择面板底部的“零件” ,然后选择要使用的标准零件列表 ,将元素更新为最近的标准零件。
 底部的复选框将更新所有类似元素到其最近的标准零件。零件库选择决定百分比变化计算是基于默认零件值还是当前零件值。零件清单在主控制面板上维护。标准 1%、5%、10% 和 20% 选择使用标准工业 1%、5%、10% 和 20% 零件值。

您可以在“标准零件”帮助部分下找到有关标准零件清单的更多信息。

您还可以在被动和主动示意图的右上角访问标准零件修改。



1%、5%、10% 和 20% 标准零件

1%、5%、10% 和 20% 的选择值是标准工业值。这些值列示如下：

	1.00、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8、10.0、15.0...
20% 零件	
	1.00、1.20、1.50、1.80、2.20、2.70、3.30、3.90、4.70、5.60、6.80、8.20、10.00、12.00...
10% 零件	

5% 零件
 1.00.1.10.1.20.1.30.1.50.1.60.1.80.2.00.2.20.2.40.2.70.3.00.3.30.3.60.3.90.4.30.4.70.5.10.5.60. 6.20.6.80.7.50.8.20.9.10.10.00.11.00...

1% 零件
 1.00.1.02.1.05.1.07.1.10.1.13.1.15.1.18.1.21.1.24.1.27.1.30.1.33.1.37.1.40.1.43.1.47.1.50.1.54. 1.58.1.62.1.65.1.69.1.74.1.78.1.82.1.87.1.91.1.96.2.00.2.05.2.10.2.15.2.21.2.26.2.32.2.37.2.43. 2.49.2.55.2.61. 2.67.2.74.2.80.2.87.2.94.3.01.3.09.3.16.3.24.3.32.3.40.3.48.3.57.3.65.3.74.3.83.3.92.4.02.4.12. 4.22.4.32.4.42.4.53.4.64.4.75.4.87.4.99.5.11.5.23.5.36.5.49.5.62.5.76.5.90.6.04.6.19.6.34.6.49. 6.65.6.81.6.98. 7.15.7.32.7.50.7.68.7.87.8.06.8.25.8.45.8.66.8.87.9.09.9.31.9.53.9.76.10.0.10.2...

蒙特卡罗分析

可以使用“随机”选项执行蒙特卡罗灵敏度分析。输入所需的标准偏差百分比,过滤解决方案将自动使用均匀或高斯(正态)分布中的随机数更新所选元素或所有类似元素。分布的平均值是 0%,用户输入均匀分布的最大公差或高斯分布的标准偏差。

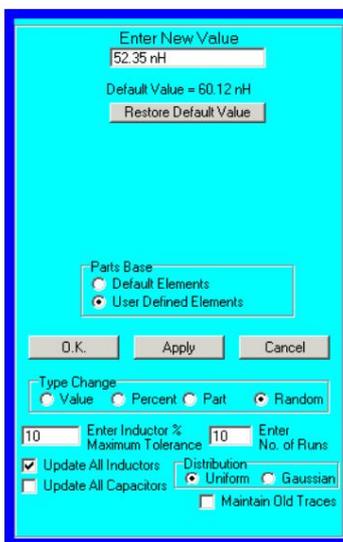
制造部件通常指定为最大不超过的百分比误差,而没有对上限和下限之间的误差分布形状进行任何规范,因此均匀和高斯都不是真实误差的完全准确的模型,但可以用来产生合理准确的结果。

每次按下“应用”按钮时,所有图形分析轨迹都会自动更新。选中“维护旧轨迹”复选框以防止覆盖旧图形轨迹。在“运行次数”框中输入每次单击按钮所需的模拟运行次数。

可以对原始理想零件或用户选择的零件值进行蒙特卡罗分析。

零件公差

可以通过单击所需部件并在更改控制面板中输入所需公差来为每个部件分配公差百分比。当为部件分配公差时,分配的公差值将覆盖蒙特卡罗分析中选择的公差值。换句话说,蒙特卡罗公差输入仅适用于尚未分配公差的部件。



随机更新在研究过滤器对元素错误的鲁棒性时特别有用。

S 参数和 Spice 模型导入

滤波器解决方案允许您从 Touchstone 格式文件和标准 Spice 格式的 Spice 模型文件中导入 S 参数,既可以通过单个文件选择,也可以通过自动最近匹配。当您执行此操作时,原始元件阻抗将被替换为 S 参数或 Spice 模型针对每个频率定义的阻抗。

对于 S 参数文件,频率之间采用插值法。任何无源线性元件 S 参数或 Spice 模型文件均可接受。有源元件 S 参数或 Spice 模型 (例如双引脚放大器)将不接受导入。使用 S 参数或 Spice 模型文件定义的元件将继续使用标称值进行灵敏度分析和蒙特卡罗分析。

Coilcraft 电感器的 S 参数文件和 Spice 参数可在以下位置找到: www.coilcraft.com/models.cfm

一旦将 S 参数或 Spice 模型导入到元件中,对相关滤波器执行的所有分析都将使用导入的 S 参数或 Spice 模型,而不是元件阻抗。电气不对称的 S 参数或 Spice 模型文件将在原理图上显示引脚编号。

要导入特定的 S 参数或 Spice 模型文件,请左键单击所需元素,在弹出的更改控制面板中选择“文件”,选择所需文件,然后单击“确定”。然后,S 参数文件的名称将出现在元素上方,如下图所示。

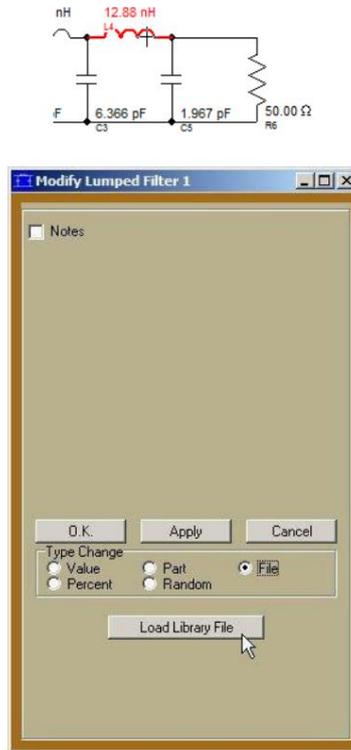


图 1:选择所需的 S 参数或 Spice 模型文件

更新至最接近的匹配 S 参数或 Spice 模型文件

要更新到最接近匹配的 S 参数或 Spice 模型文件,请选择“零件”和“文件”,如下所示,然后选择“浏览”以选择包含 S 参数或 Spice 模型文件的所需目录,如下图所示。选择“菜单”以调出制造商和系列弹出菜单。选择浏览目录中的任意文件以选择并定义所需的 S 参数文件目录。选择后,Filter Solutions 将记住该目录,直到用户选择另一个目录。选中“所有电感器”以更新滤波器中的所有电感器。应注意确保所有 S 参数和 Spice 模型文件均来自适用于设计应用的频率和功率范围的组件。

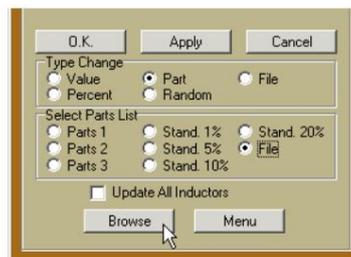


图 2:更新至最接近匹配的 S 参数或 Spice 模型文件

自动设计最接近匹配的 S 参数或 Spice 模型文件

要设计到最近的 S 参数或 Spice 模型文件,请选择原理图右上角的“文件”或“浏览”,如下图所示。如果目录

如果已定义包含所需 S 参数文件的目录,请选择“文件”。否则,请选择“浏览”,然后选择浏览目录中的任意文件,以选择和定义所需的 S 参数或 Spice 模型文件目录。

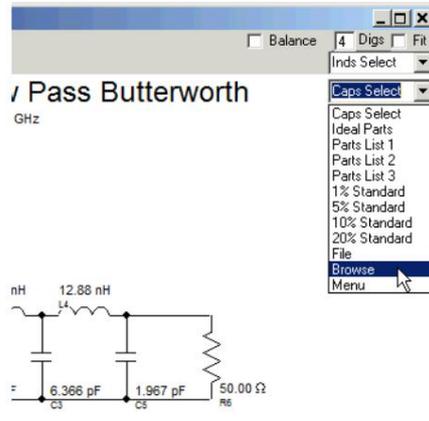


图 3:根据最近的 S 参数文件进行设计

零件库菜单

使用“菜单”选项从内部零件库中选择零件系列。有关此主题的更多信息,请参阅目录中的“零件库”。

S 参数和 Spice 模型导出

过滤解决方案允许您导出之前已导入的 S 参数或 Spice 模型文件。自动 S 参数和 Spice 模型选择可能会使确定任何特定元素中使用的 S 参数或 Spice 模型文件变得困难。左键单击加载了 S 参数或 Spice 模型文件的元素会调出元素更改控制面板,该面板可用于导出加载到所选元素中的特定 S 参数或 Spice 模型文件。选择“文件”以调出 Touchstone 功能,然后保存元素 S 参数或将其复制到 Windows 剪贴板以粘贴到其他地方,如图 1 所示。

此外,可以通过选择相应的按钮来保存或查看 S 参数和 Spice 模型文件。

在所有情况下,原始 S 参数或 Spice 模型文件都将被保存或复制,包括注释、标题和数值分辨率。

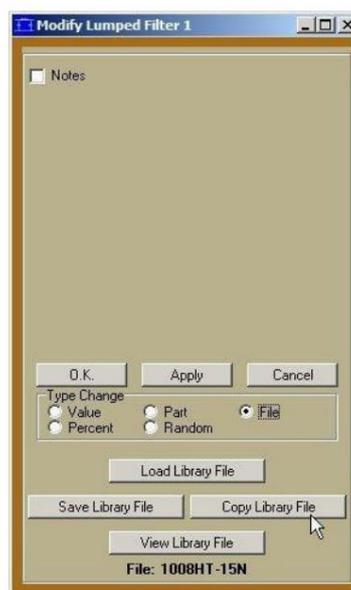


图 1. 保存和复制元素 S 参数或 Spice 模型文件

电感器和电容器调谐

当无源滤波器的理想元件被具有非理想值的实际元件取代时,滤波器性能会出现预期的下降。可以调整电路电感器和/或电容器,以便将部分甚至大部分性能下降从滤波器通带转移到阻带。这种转换的效果是将通带中的性能下降降至最低。

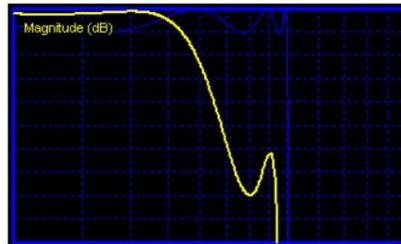
每当无源 LC 滤波器中的任何电感或电容值被修改时,无源滤波器工具栏中都会出现“L 调谐”、“C 调谐”或“调谐”按钮,如下所示。按下此按钮会导致所有滤波器电感或电容自动采用新值,从而最大限度地减少滤波器中的通带误差。



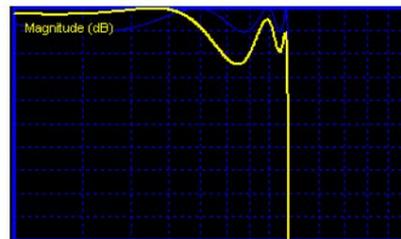
无源滤波器上的“L tune”按钮

例子:

以下通带和阻带误差是由于在低通滤波器中插入非理想电容值而导致的:

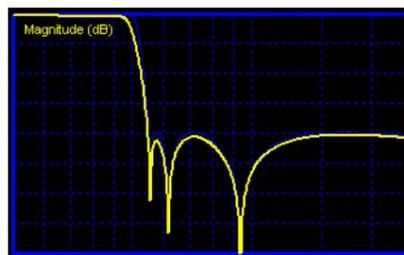


非理想电容值导致的通带误差

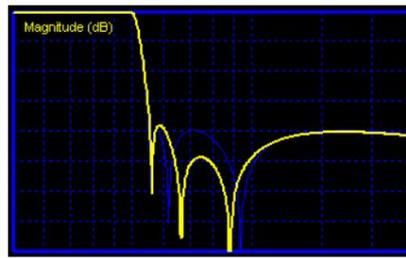


非理想电容值导致的阻带误差

电感调节后,通带误差以阻带误差为代价最小化。



电感调节后的通带误差



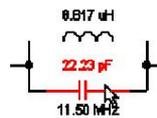
电感调节后的阻带误差

添加或删除电路元素

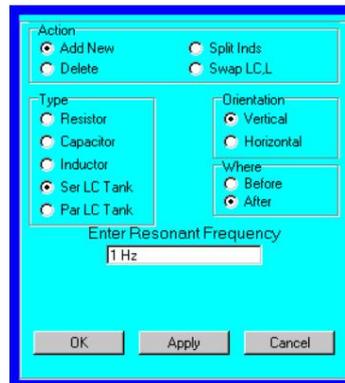
您可以从滤波器解决方案中添加或删除元素。这样做的一个可能用途是通过将电容器与负载并联来模拟寄生效应。

Filter Solutions 无源滤波器中的元件是隔离电容器、电感器或电阻器;LC 谐振器对;或全通部分。如果要添加全通,则必须将其放置在负载或源电阻器附近。

要将元素添加到无源电路,请将光标放在任何元素上(负载或源电阻除外),靠近要添加新元素的位置。元素将突出显示,如下所示:



单击鼠标右键,出现如下控制面板。



右上角的“平衡”选项不会添加或删除元素,而是平衡和不平衡元素。所有通道阶段都提供“平衡 1”和“平衡 2”选项,以便在平衡 T 和格子阶段之间进行选择。

输入选择并选择确定。添加新元素后,您可以通过左键单击来更新它。可以在输入后输入“re”。如果可能,Filter Solutions 将实现带有耦合线圈的实频 LC 谐振回路。如果选择“全通”,系统还会提示您输入 Q。输入 Q 为 0.5 以在实轴上放置一阶全通。全通选项仅在靠近负载或源电阻时可用。

要删除选定的元素,只需选择“删除”并单击“确定”。

拆分元素

电感器和电容器可以拆分成两个串联或两个并联元件。默认拆分比率为 1,用于两个大小相同的替换元件。拆分比率文本输入框允许用户输入任何所需的拆分比率,包括负拆分比率,这样两个新元件值 $V1/V2$ 将等于用户输入的拆分比率。

平衡各个元素

滤波器解决方案允许平衡所有或部分元件。在非平衡全通滤波器中使用平衡全通部分可能更有利。要更改任何水平元件、LC 槽或全通部分的平衡,请右键单击要平衡的元件,将显示以下更改控制面板。

The dialog box is titled 'Balance'. It contains three main sections: 'Action', 'Type', and 'Orientation'. The 'Action' section has three radio buttons: 'Add New' (selected), 'Delete', and 'Balance'. The 'Type' section has four radio buttons: 'Resistor' (selected), 'Capacitor', 'Inductor', and 'LC Tank'. The 'Orientation' section has two radio buttons: 'Vertical' (selected) and 'Horizontal'. Below these sections is a 'Where' section with two radio buttons: 'Before' (selected) and 'Alter'. At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

平衡不平衡元素

选择“平衡”和“确定”以平衡所需元素。所有通道阶段均提供“平衡 1”和“平衡 2”选项,以便在平衡 T 和晶格阶段之间进行选择。

要使水平元件、LC 槽或所有通道部分不平衡,请右键单击该元件,然后会出现如下所示的控制面板。

The dialog box is titled 'Unbalance'. It contains three main sections: 'Action', 'Type', and 'Orientation'. The 'Action' section has three radio buttons: 'Add New' (selected), 'Delete', and 'Unbalance'. The 'Type' section has four radio buttons: 'Resistor' (selected), 'Capacitor', 'Inductor', and 'LC Tank'. The 'Orientation' section has two radio buttons: 'Vertical' (selected) and 'Horizontal'. Below these sections is a 'Where' section with two radio buttons: 'Before' (selected) and 'Alter'. At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

打破平衡元素

选择“不平衡”和“确定”以使所需元素不平衡。

Norton, PI 和 T 变换

当 LC 滤波器包含类似元件的 L、PI、T 或 M 配置时(如下图 1 所示),可以改变 L、PI、T 或 M 任一侧的阻抗水平,而无需改变滤波器的频率响应形状。当需要在 L、PI 或 T 的一侧使用特定元件值,或者需要更改滤波器的终端电阻时,这非常有利。

直接 Nortonable LC 谐振器需要并联谐振器的 PI 或 L,或串联谐振器的 T 或 L。并联 LC 谐振器的 AT 或串联 LC 谐振器的 PI 需要两个 Norton 变换,每侧一个,因此在进行此选择时,弹出的 Norton 控制面板中会显示两个可选值。

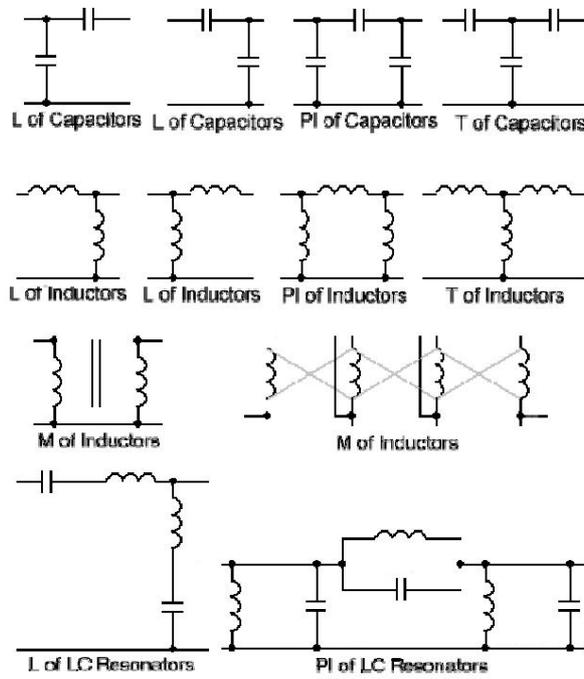
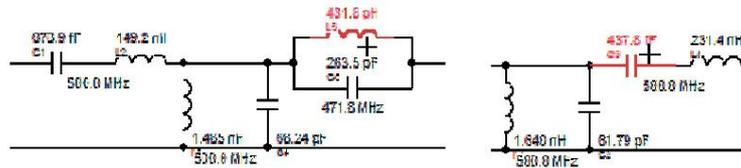


图 1:L,PI,T 和 M 示例

要执行诺顿转换:

要进行诺顿变换,请右键单击所需的 L、PI、T 或 M 类似元素组合,如下所示。更改控制面板将显示所需的诺顿效果列表,以及要改变哪一侧(源或负载)阻抗的选择。进行所需的选择并点击“确定”或“应用”。



将光标移到 PI、Tee、L 或 M 元素上以选择它们进行诺顿变换

要将左 L 更改为右 L,请在 Norton 选择菜单中选择“设置左元素值”,然后输入“0”或“Inf”。左元素将被移除,并安装新的右元素,从而将左 L 更改为右 L,右 L 更改为左 L 的方法相同。

M 电感器组合包括交叉耦合谐振器滤波器中的任何交叉耦合谐振器组。整个交叉耦合元件组允许使用一个 Norton。

负元素值

诺顿变换的工作原理是将负元素值与现有正元素值并行安装。如果现有正元素值对于电容器来说太小或对于电感器来说太大,则会在滤波器中创建新的负元素值。当发生这种情况时,特定的诺顿变换值无法在实际滤波器中使用。

PI 到 T 和 T 到 PI 的转换

所有 PI 元件组合都有唯一等效的 T 组合,所有 T 组合都有唯一等效的 PI 组合。要在 PI 和 T 元件组合之间进行转换,请右键单击所需的 PI 或 T 元件,然后在弹出的更改控制面板中选择 PI 到 T 或 T 到 PI。只能转换单个元件类型。LC 谐振器没有 T 到 PI 或 PI 到 T 的转换。

诺顿理论

诺顿变换背后的理论非常简单,而且有据可查。它基于以下两个电路的等价性:

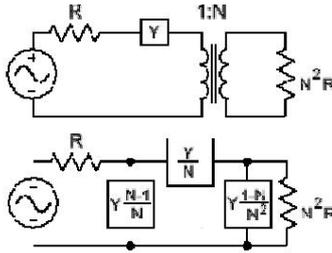


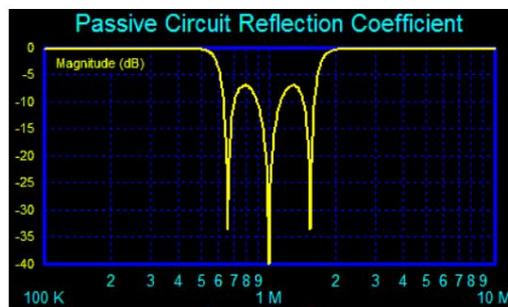
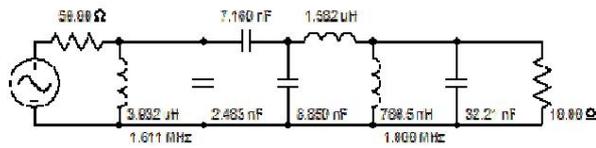
图 2:诺顿导纳等价性

上图使用了导纳,因为诺顿变换通常在电容器上进行。从上图很容易看出,为什么诺顿变换有时被称为“诺顿变压器”或“电容变压器”,因为它们可以替代理想的耦合电感变压器。

阻抗匹配

当需要使用不等电阻实现匹配的反射响应时,可以使用诺顿变换来匹配具有不等电阻的带通滤波器。为此,设计一个等端接的带通滤波器,然后将负载或源诺顿到所需值。结果将是一个具有不等端接和匹配反射响应的滤波器。

以下示例描述了使用 Norton 变换匹配的 50 欧姆源和 10 欧姆负载。请注意,反射系数与匹配负载的反射系数相同:



诺顿变换以匹配不等负载

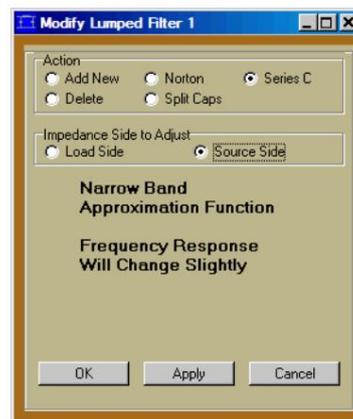
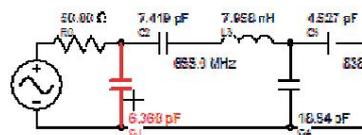
请注意,可以使用集中控制面板中的“匹配阻抗”复选框自动执行此功能。

LC 转换

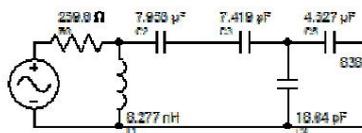
使用鼠标右键单击带通滤波器的外部电抗元件,该元件的类型和方向与下一个外部元件(LC中的“L”)不同,可以交换L和C,并应用变换以恢复近似频率响应。对于耦合谐振器滤波器,新的近似频率响应通常比原始频率响应更对称,并且在需要比直接耦合谐振器或管状滤波器获得的频率响应更对称的频率响应的情况下,应用此变换很有用。

LC变换将改变其中一个终止值,但在大多数情况下,在带通滤波器的两端执行相同的变换将恢复终止值。如果没有,诺顿变换几乎总是会恢复该值。

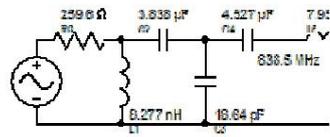
下面的示例说明了使用鼠标右键选择外部电容器,选择“系列C”将其转换为串联电容,并将后续阻抗尺度应用于源电阻的过程。



选择“L”型配置中的外部LC元件的LC变换



由此产生的元件和终端设计可实现更对称的频率响应



选择并连接串联电容器以制成一个电容器

理查兹转型

可以使用理查兹变换将集总元件转换为选定相位或阻抗的传输线。当集总元件不易获得所需尺寸或几何形状时,这对于高频实现可能是理想的。要将集总元件转换为传输线等效物,请右键单击所需元件,然后在弹出的编辑面板中选择“至 Tx 线”。下图 1 中显示了一个示例。

滤波器解决方案支持以下集中传输线转换:

集总元件	相等的传输线	支持的转换
立式电感	短路短截线	选择所需角度
立式电容器	打开存根	选择所需阻抗 选择所需角度
卧式电感	系列部分	选择所需阻抗 选择所需角度
立式电容器	系列部分	选择所需阻抗 选择所需角度
立式系列 LC 共鸣器	打开存根	选择所需阻抗 共振时 90°
垂直平行液晶共鸣器	短路短截线	共振时 90°
卧式系列 LC 共鸣器	系列部分	共振时 180°
垂直平行液晶共鸣器	系列部分	共振时 180°

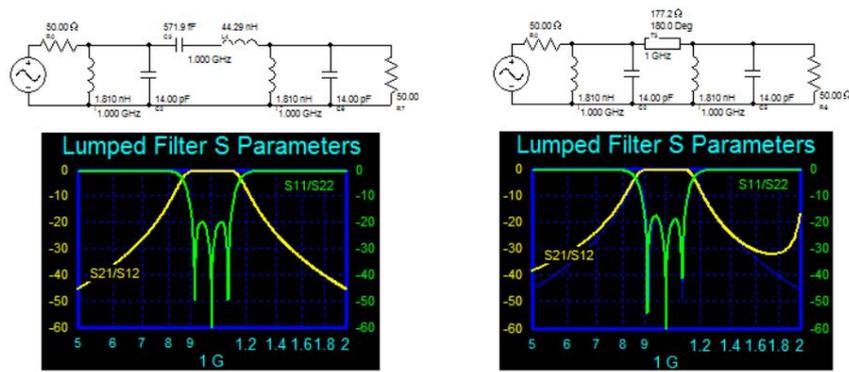


图:理查兹变换等价物。

黑田转型

Kuroda 变换将垂直元件和谐振器转换为水平元件和谐振器,反之亦然,方法是在元件两侧的滤波器截止频率或中心频率和阻抗水平处使用额外的 90° 段。90° 段用于根据需要调整相位角,以在截止频率或中心频率处保持适当的元件阻抗。由于不需要,滤波器中的第一个和最后一个元件省略了 90° 段。当 90° 段与另一个 90° 段相邻时,它们会被删除,因为它们会相互抵消。下图 1 中显示了一个示例。

当需要使用不同的元素值或改变元素的方向时,Kuroda 变换很有用。

要执行黑田变换,请使用鼠标右键选择一个元素和谐振器,然后根据需要在弹出的编辑菜单中选择“垂直”或“水平”。

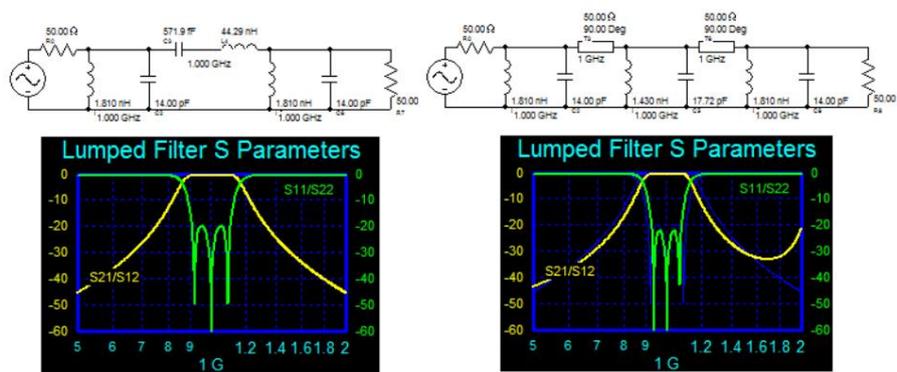


图 1:黑田变换等价式

图 1:黑田等价物

标准零件

Filter Solutions 提供了一种灵活的方法来更新集总或有源滤波元件值,使用现有标准零件中最接近的值,或最接近 1%、5% 和 10% 标准零件值。Filter Solutions 最多可维护三个标准零件数据库。如果您需要三个以上,则可以轻松地维护在另一个文本或文字处理文档中,并将它们复制或粘贴到 Filter Solutions 中或从其复制或粘贴。

要将过滤器零件更新为零件清单中的最接近值,请左键单击过滤器显示中的元素,在更改控制面板底部的选择框中选择“零件”,然后选择“确定”。

标准零件更新也可在无源和有源原理图的右上角找到。

被动和主动过滤器可能会将单个元素或所有类似元素设置为所选数据库中最接近的标准值。更改控制面板底部的复选框决定是否更新一个或所有元素。

您可以选择默认元素值或当前分配的元素值作为最近部分的基础。更改控制面板中的选择框来决定选择。

过滤解决方案标准部件窗口的上部如下所示,其中显示了一些示例标准部件。

设置 Q (仅限集总滤波器)

要将特定零件值与特定 Q 关联,请将 "Q=50" 添加到零件行,其中 50 是示例 Q 值。例如,

设置串联和并联寄生电阻 (仅限集总滤波器)

要将特定零件值与特定电阻关联起来,请添加 "Rs=5" 和 "Rp=525", 其中 5 是串联电阻值示例,525 是并联电阻示例。标准零件表格如下图 1 所示。

例如:

"L 32uH Q=40 Rs = 3.5 Rp=7.25K" 将具有将最接近零件值为 32 uH 的电感器设置为 Q 为 40、串联电阻为 3.5 欧姆、并联电阻为 7.25K 欧姆的效果。

保存在外部文件中

Filter Solutions 将用户定义的零件清单保存在其自己的文件中,但是,如果希望将零件清单保存在外部文件中,只需使用键盘复制/粘贴功能即可。

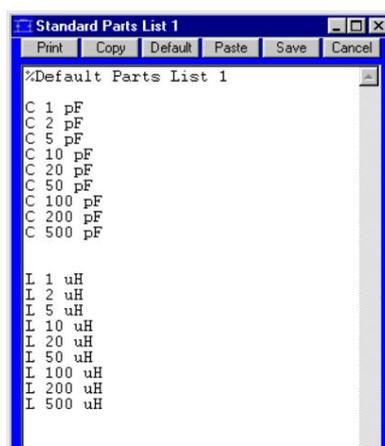


图 1:标准零件表格

在公共网络服务器上保存 (仅限浮动许可证)

Filter Solutions 的网络用户可以使用管理员密码将标准零件保存在网络管理器上。网络用户可以检索此通用标准零件清单以用于他们的项目。这有助于确保项目中的所有用户都使用相同的标准零件清单。用户和管理员可以在右上角选择他们的零件清单来自哪里,如下图 2 所示。服务器零件对用户是只读的,对管理员是读/写的。Nuhertz 颁发的许可证密钥决定了用户/管理员的状态。

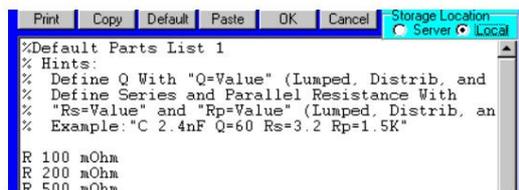


图 2:浮动网络标准部件表格,带服务器/本地 PC 选择

零件文件

如果管理员不想使用管理密码将标准零件上传到 Nuhertz Server,则可以将零件文件手动复制到其各自的位置。客户端过滤器解决方案零件文件位于 Nuhertz Technologies 程序目录下的 FilterSolutions_ini 目录默认值: (C:\Program Files (x86)\Nuhertz Technologies\FilterSolutions_ini) 。它们的名称分别为标准零件清单 1.2 和 3 的 parts0.dat、parts1.dat 和 parts2.dat。这些文件也可以手动复制到服务器 Nuhertz Server 程序目录 (默认值:C:\Program Files (x86)\Nuhertz Technologies\Nuhertz Server\),从而无需向负责维护零件清单的个人提供管理员密码。

顶部的按钮具有以下功能:

打印	打印显示的标准件
复制	将显示的部分复制到 Windows 剪贴板。选择要复制的部分,或选择全部或不复制文本框中的所有文本。
默认	将标准零件设置为默认零件清单。
粘贴	将文本从 Windows 剪贴板粘贴到标准零件文本框中。
好的	将标准零件清单保存在过滤解决方案数据库中并退出。
取消退出,不保存零件清单。	

确定从何处读取标准零件清单。管理员可以写入服务器零件清单。用户只能从中读取。

零件清单格式:

评论	在注释行前面加上“%”字符。 最多允许 10 条评论。
数值 条目	整数、浮点数和工程符号都可以接受。数据库中存储六位有效数字。 例子: 12.0.00047.470n.50pF 都是可接受的数值条目。 数据库中的所有数字条目均按升序排列。 每个元素类型最多允许 500 个数字条目。
电容器	在电容数字条目前面加上“C”或“c”字符。
电感器	在电感数字条目前面加上“L”或“l”字符。
电阻器	在电容数字条目前面加上“R”或“r”字符。

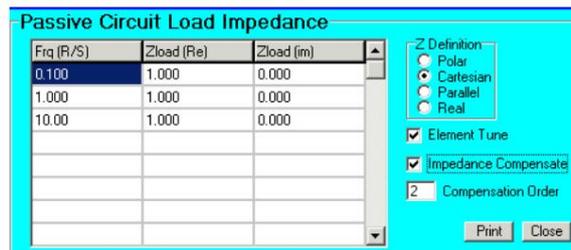
1%、5%、10% 和 20% 标准件

更改控制面板有 1%、5%、10% 和 20% 的选择。选择这些选项后,将从标准工业值列表中选择最接近的零件值。这些值列示如下:

20% 零件	1.00、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8、10.0、15.0...
10% 零件	1.00、1.20、1.50、1.80、2.20、2.70、3.30、3.90、4.70、5.60、6.80、8.20、10.00、12.0...
5% 零件	1.00、1.10、1.20、1.30、1.50、1.60、1.80、2.00、2.20、2.40、2.70、3.00、3.30、3.60、3.90、4.30、4.70、5.10、5.60、6.20、6.80、7.50、8.20、9.10、10.00、11.00...
1% 零件	1.00、1.02、1.05、1.07、1.10、1.13、1.15、1.18、1.21、1.24、1.27、1.30、1.33、1.37、1.40、1.43、1.47、1.50、1.54、1.58、1.62、1.65、1.69、1.74、1.78、1.82、1.87、1.91、1.96、2.00、2.05、2.10、2.15、2.21、2.26、2.32、2.37、2.43、2.49、2.55、2.61、2.67、2.74、2.80、2.87、2.94、3.01、3.09、3.16、3.24、3.32、3.40、3.48、3.57、3.65、3.74、3.83、3.92、4.02、4.12、4.22、4.32、4.42、4.53、4.64、4.75、4.87、4.99、5.11、5.23、5.36、5.49、5.62、5.76、5.90、6.04、6.19、6.34、6.49、6.65、6.81、6.98、7.15、7.32、7.50、7.68、7.87、8.06、8.25、8.45、8.66、8.87、9.09、9.31、9.53、9.76、10.0、10.2...

复杂终止

可以通过选中无源和/或传输线控制面板中的“复杂终端”框,然后选择负载或源阻抗选择按钮,以用户定义的复杂阻抗终端无源和传输线滤波器。复杂阻抗以表格形式定义为频率函数。下面的表格弹出,其中包含定义负载或源阻抗所需的所有控件。



从面板布局中很容易看出,用户输入每个阻抗作为频率的函数。阻抗可以输入为极坐标、笛卡尔坐标或平行坐标。平行坐标将复数阻抗的实部和虚部并联而不是串联。选择“实数”的效果是使用原始电阻终端值。

元素调整

元素调谐功能可调整 LC 元素值,以尽量减小理想频率响应和具有复杂终端的实际频率响应之间的幅度 RMS 误差。

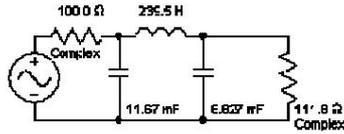
阻抗补偿

阻抗补偿功能将匹配元素添加到复杂终端,以试图强制终端对滤波器表现出电阻性。有时这会提高滤波器的性能。由于此功能也可能产生破坏性能的效果,因此用户在使用结果之前应仔细检查此功能的滤波性能。

过滤显示

滤波器显示屏中的终端电阻显示滤波器截止频率或中心频率处的阻抗大小,并附有“Complex”字样。滤波器使用与滤波器上显示的欧姆值相同的电阻终端进行合成。

在下面的例子中,滤波器分别使用 100 和 111.8 欧姆作为源电阻和负载电阻,然后调整元件以实现所需的滤波器响应。



具有复杂端接的过滤器

集中网表

为了帮助检索设计的无源电路,Filter Solutions 将在网络表中输出过滤器。从任何显示的无源电路的控制栏中选择“网络表”,网络表框将显示在过滤器窗口的左侧。网络表上使用有效数字将与控制栏右侧“Digs”框中的数字相匹配。网络表包含用于交流和瞬态分析的条目,包括图形缩放。交流源用于交流分析。脉冲源已安装,但已注释掉用于瞬态分析的注释。要运行瞬态分析,必须注释掉交流源,并从脉冲源中删除注释。

有限 Q

如果无源电路中的元件具有有限的 Q,Filter Solutions 将通过在电感器上添加串联电阻并在电容器上添加并联电阻来对此进行建模。如果在电路显示屏的右上角选择了“Q”,则电阻值是频率的可变函数。如果选择了“Res”,则电阻的大小由组件的主频率决定。对于 LC 槽路,主频率被视为谐振频率。对于所有其他组件,它是滤波器的截止或中心频率。并非所有 Spice 程序都将组件值识别为频率的函数,因此,有时需要使用固定电阻器。

由于 Filter Solutions 使用与每个频率相对应的电阻值进行所有分析,因此当使用有限 Q 值和固定电阻值时,网表 AC 和瞬态分析以及 Filter Solutions 的频率和时间分析会有不同。

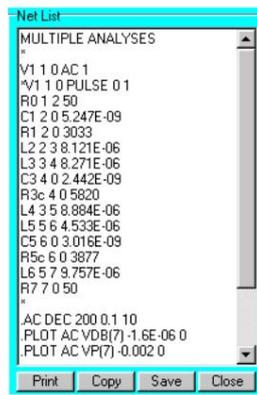
耦合线圈

该网络表模拟了耦合线圈,其中三个非耦合电感器呈 T 形排列。模型中的中心电感器是与耦合线圈大小相同的负电感器。模型中的侧面电感器是正电感器,其值是耦合电感器的两倍。

假电阻

一些 SPICE 仿真不允许构建没有直流接地路径的电路。因此,在必要时,会在网表中插入虚拟电阻以提供直流接地路径。虚拟电阻的尺寸足够大,以至于引入 SPICE 仿真的误差微不足道。

以下是滤波器解决方案网表的示例:



请注意,网络表的底部隐藏在文本窗口下方。可以使用滚动条上下滚动网络表来观察这些隐藏的部分。

选择“打印”将网络表发送到打印机。

“复制”将全部或部分网络列表复制到 Windows 剪贴板。通过突出显示所需文本可以复制部分文本。通过选择所有文本或不选择任何文本可以复制所有文本。

“保存”将网络表保存为文本文件。

“关闭”关闭网表窗口。

蒙特卡罗分析

集总LC滤波器可通过蒙特卡罗分析进行统计分析。每个电感器和电容器的百分比公差可单独设置,或可使用所有电感器和所有电容器的默认值。

要对无源 LC 电路执行蒙特卡罗分析,请打开要分析的图形,例如频率响应、时间响应、反射响应等,使用鼠标左键选择任意电感器或电容器以打开更改控制面板,在更改控制面板中选择“随机”,然后填写更改控制面板底部的余数或信息。如果选择“保留旧迹线”,则图形显示将累积所有迹线,以便于直观解释。只有原理图分析图会使用蒙特卡罗分析迹线进行更新。

理想的分析图表没有更新。

使用 S 参数文件定义的元素将继续使用标称值进行蒙特卡罗分析。

选择元素公差

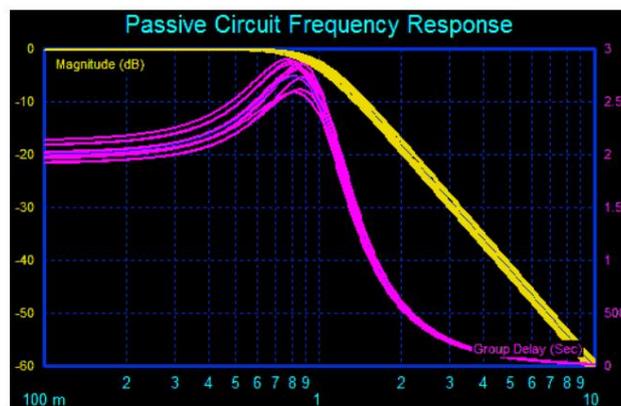
更改控制面板允许全局选择所有电感器和所有电容器的公差值。全局值仅适用于未分配公差的电感器和电容器。要为特定电感器或电容器分配特定公差值,请使用鼠标左键选择电感器或电容器,选中“设置公差 (%)”,然后在复选框右侧的文本条中输入所需公差。百分比公差值将显示在原理图中元素附近。如果未为元素分配特定百分比公差,则更改控制面板中的全局值将用于蒙特卡罗分析。

例子

使用蒙特卡罗分析法分析三阶巴特沃斯滤波器。所有电感器和电容器均设置为 10% 公差。选择生成 10 次运行,并选择要记住的旧迹,如下例所示。

蒙特卡罗设置

填写完上面的更改控制面板后,选择“应用”或“确定”即可在所选滤波器示意图上当前打开的所有图表上生成蒙特卡罗分析图表。频率响应如下图所示。



蒙特卡罗图

元素敏感度表

通过选择无源滤波器原理图顶部的“灵敏度”按钮,可以同时分析所有元件的元件值误差对幅度、相位和群延迟滤波器性能的影响。原理图上会出现灵敏度表,显示特定频率的数值灵敏度值。快速浏览表格可以显示哪些元件需要更高的精度,哪些元件可能是低成本的松散精度部件。

由于显示空间有限,双工器和三工器灵敏度表仅显示来自一个双工器或三工器支路的元件。用户必须选择要显示哪个支路。

使用 S 参数文件定义的元素将继续使用标称值进行敏感性分析。

敏感度定义

为了获得所有过滤波器具有合理值的有意义的灵敏度数字,Nuhertz 采用了以下定义来测量零件在频率响应方面的灵敏度:

幅度 (单位:dB) :

元素值每变化 % 时 dB 的算术变化

算术伏特的幅度:

元素值每发生 1% 变化,幅度也发生 1% 变化

相位角 (度)

元素值每变化 % 时度数的算术变化

相位角 (弧度)

元素值每变化 % 时弧度的算术变化

群延迟

元素值每变化 1%,群延迟变化 1%

频率选择

低通和高通滤波器默认为截止频率,也称为通带频率,以执行灵敏度分析。带通和带阻滤波器默认为中心频率。带通和带阻滤波器允许选择下限和上限截止频率,所有滤波器都允许选择用户定义的频率。

特定元素敏感性分析

单击敏感度表中的任何元素,查看有关过滤器性能对该特定元素的影响的更多信息。有关此主题的更多信息,请参阅“元素敏感度图”下的帮助。

元素敏感度图

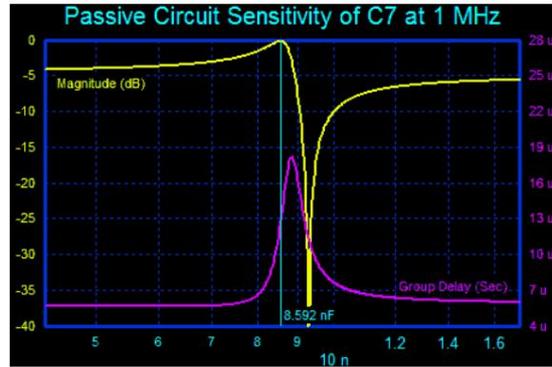
左键单击元素灵敏度表中的任意元素,即可生成元素灵敏度频率图。(选择无源滤波器控制栏中的“Sens.”按钮可生成元素灵敏度表。)

元素灵敏度表仅提供有关元素值的灵敏度信息。由于灵敏度不是线性的,因此这些信息的实用性有限。元素灵敏度图提供有关一系列元素值的幅度、相位和群延迟频率信息。过滤解决方案提供频率信息作为元素值的函数,范围为半对数图的实际值的 1/2 到 2 倍,算术图的实际值的 1/2 到 1.5 倍。主控制面板中的“对数”开关设置决定要显示的图类型(半对数或算术)。

使用 S 参数文件定义的元素将继续使用敏感度图的标准值。

例子:

下面的例子显示了这样一种情况,其中灵敏度表显示在截止频率为 1MHz 时可能被视为良好的低幅度灵敏度响应,而组件灵敏度图显示随着组件值的增加,性能可能会显著下降。



元素敏感度图

将过滤器导出至 AWR®

Nuhertz 面板中的每个集总、分布式和活动原理图都有一个“AWR”按钮,该按钮会为每个原理图创建一个唯一的面板,用于控制导出到 Microwave Office。当“AWR”显示在分布式原理图工具栏中时,也可以通过选择导出选项中的“AWR”来执行导出到 AWR。

微带线和带状线几何形状

当选择微带线或带状线时,每条线的宽度和长度以及线之间的间隙(如果存在)将与基板参数一起导出。

名义表

Microwave Office 附带了与“MSUB”基板一起使用的默认 Er Nominal 值列表。尝试使用不同的值会阻止正确的 Microwave Office 模拟。Nuhertz Filter 微带滤波器将 MSUB Er Nominal 设置为最近的默认 AWR 表值。由于 Microwave Office 允许添加新的用户定义的 Er Nominal 值,因此 Nuhertz Filter 在选项选择页面中提供了一个选项,用于将用户定义的 Er Nominal 值也添加到其列表中。将 Microwave Office 定义的 Er Nominal 列表与 Nuhertz Filter 值列表相匹配非常重要,以确保正常运行。

滤波分析

当 Nuhertz 滤波器集中和分布式控制面板中的“VSG 分析”被选中时,与 Nuhertz 滤波器频率响应相对应的精确 Microwave Office 测量值为 VSG。取消选中“包含源偏差”可消除频率响应中的 $R_s/(R_s+R_l)$ 偏移(对于同端接滤波器,为 -6.02 dB),这很有用,因为反射零点在频率响应中测量为 0 dB。

AWR 导出选项

使用 Nuhertz 面板时,有多个选项可用于优化过滤器导出过程。这些选项可通过选择面板底部的“选项”按钮来使用。“使用过滤器解决方案”和“控制面板”以及“选项选择”中提供了可用选项的列表。下面还列出了摘要。

选项页面:

在选项页面中,可以通过单击主控制面板底部的选项按钮进行选择:

选择“编辑 AWREr 标称值”以添加新的 MSUB 有效标称 Er 值。将 Microwave Office 定义的 Er 标称值列表与 Nuhertz 滤波器值列表相匹配非常重要,以确保正常运行。

从 AWR 导入变量

如果对 Nuhertz 生成的设计执行了 AWR 优化,则可以通过在导出选择中选择“导入调整”,或在 AWR 导出控制面板中选择“导入调整变量”,将优化的变量重新导入 Nuhertz。

微波办公界面页面:

在 Microwave Office Interface 页面中,可通过选择原理图视图左上角的导出菜单中的“AWR Setup”进行选择。

选择“导出后模拟”以强制 AWR 在收到导出后立即模拟过滤器。

选择“显示布局”可创建一个 Microwave Office 布局窗口,其中显示物理滤波器尺寸。对于不支持布局的滤波器和 GmSUB 滤波器,除非在选项页面中启用,否则“显示布局”复选框将被删除。GmSUB 滤波器需要先配置特定于流程的 lpf 文件,然后才能生成布局。

选择“高级拓扑”以通过使用多导体线路实现滤波器短截线之间的相互作用。高级选项可产生更准确的模拟,但执行时间更长。

选择“包括优化目标”在 Microwave Office 中设置初步的滤波器性能优化目标。

选择“使用基于 EM 的组件”以使用以“X”后缀指定的基于 Microwave Office EM 的组件(称为 X 模型)(只要该选项存在)。

选择“使用 GMSUB 进行多导体模型”以使用单个 GMCLINST、GMSLINAT 或 GMCLIN 多导体元件构建发夹指或梳状线滤波器。否则,将使用一个或多个 MnCLIN 或 SnCLIN 元件。MnCLIN 和 SnCLIN 元件选项支持布局视图。GMSUB 选项通过查找结构“ML_LINE_1”来启用布局,如果不存在则创建该结构。如果需要,用户可以在创建结构后随时对其进行编辑。默认情况下,GMSUB 元件用于导出悬浮基板多导体滤波器。

选择“零件库和互连”以使用 AWR 库作为零件,或在零件之间插入互连。如果从此开关中选择了零件库,但没有选择特定元素库,则互连将添加到现有的理想、建模或 S 参数元素中。当需要互连时使用 Nuhertz S 参数文件时,这特别有用。

选择“不导出频率限制”以使用 AWR 频率定义而不是 Nuhertz 定义。

Microwave Office 接口页面有更多不言自明的选择,包括矩形图、史密斯图、表格图和极坐标图。可以使用“保存配置”按钮保存 AWR 接口设置以供将来使用。

选择“提取到 EM 模拟器”将 AWR 原理图提取到 Axiem、EMsight 或 Sonnet (Sonnet 导出选项需要打开 Sonnet 接口)。

Sonnet 自动选择 ABS。对于 Axiem 和 EMsight,可能需要减少要计算的频率点数量,以便在合理的时间完成 EM 模拟。通过进入选项->初始化并调整下方中心的“数据点到图形”频率条目来执行此操作。

对于 Axiem 和 EMsight,在“要模拟的 EM 点数”中输入要模拟的点数。数字越小,速度越快。数字越大,准确度越高。

提取至电磁模拟

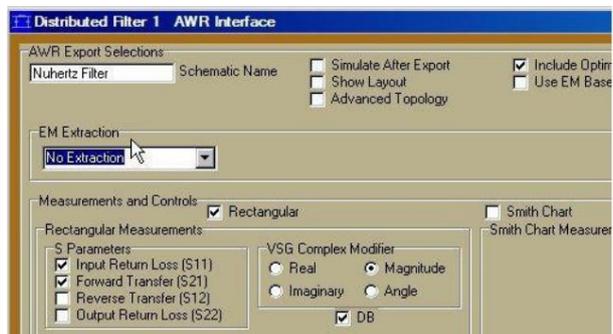
选择“提取到 EM 模拟器”可将分布式几何图形提取到 Sonnet.Axiem 或 EMSight EM 外壳。将创建一个新的 EM 映射层,以免干扰用户已定义的任何映射层。将为 VIA 定义创建一个结构,以确保 VIA 始终有效,无论用户设置了什么 LPF 文件。如果需要 Gsub 元素(例如在悬浮基板发夹中),则将创建所需的 ML_LINE_结构(如果需要)。如果需要,用户可以稍后编辑 ML_LINE_1。

仅当安装了 Sonnet 且 Sonnet 中安装了 Sonnet MWOffice 界面时,Sonnet 提取选项才可用。(转到 Sonnet “管理” -> “MWoffice 界面” -> “安装”)

EM 提取选项:

可以选择框大小、缓冲区大小、单元格大小和单元格数量。框缓冲区 and 框大小是互斥的。单元格大小和单元格数量是互斥的。未选中的条目将被忽略。选择“默认”将输入默认计算条目。

Axiem®: Axiem 没有盒子,因此不提供盒子选择。



电磁模拟器提取选择

重要的:

EM 分析可能比原理图电路分析花费更长的时间。可能需要减少 Axiem 和 EMSight 中模拟的点数以加快分析速度。

NI AWR 网络和本地库

导出到 NI AWR 的过滤器可以选择使用来自 AWR Web 和本地零件库的零件进行模拟。

将 Web 和本地库加载到 AWR

可以分别使用 AWR 导出控制面板的“加载 Web 库”按钮或“加载供应商本地库”按钮将 AWR Web 库和 AWR 本地供应商库加载到 Nuhertz 中,如下图所示。加载 Web 库时需要活动的互联网连接,和/或将 MWO 供应商本地库安装到 AWR 中。

通常,每次需要更新 AWR Web 或本地库后,只需将 AWR Web 和本地库模型加载到 Nuhertz 中一次即可。若要保存和检索选定条目,请使用“保存配置”和“加载配置”按钮。



图 1:将 AWR Web 和本地库模型加载到筛选解决方案中

一周或间歇性互联网连接可能会导致网络库加载过程挂起。如果发生这种情况,请检查互联网连接的完整性或尝试其他连接。

选择 AWR Web 和本地库模型

通过使用鼠标右键单击弹出菜单,可以轻松选择 AWR Web 和本地库电感器、电容器和电阻器以及基板,如下图 2 所示。每个选择都显示模型系列的范围,以便于直观参考。基板选择以 Nuhertz 选择的单位显示基板高度,以便于直观选择。

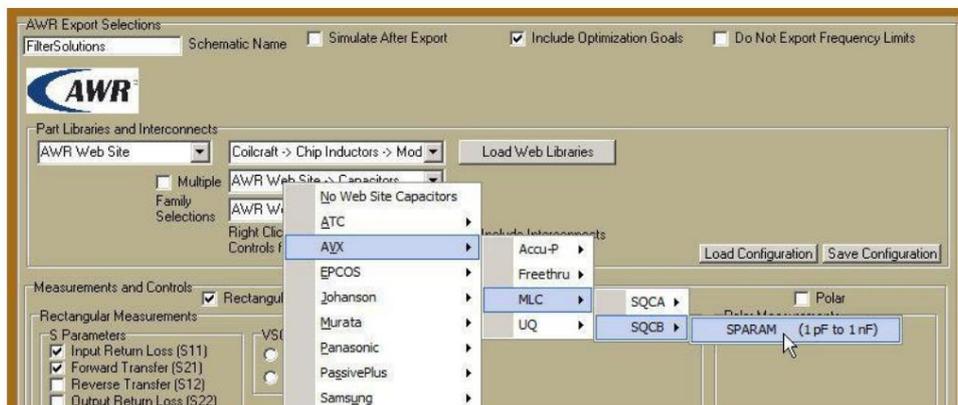


图 2:选择 Modelithics 制造商和系列

选择多个家庭

如果需要多个部件系列,可以选择“多系列选择”,然后选择单个系列并将其输入到多个系列表中。导出时,将从输入的所有系列中选择与合成值最接近的部件进行导出,如下图 3 所示。

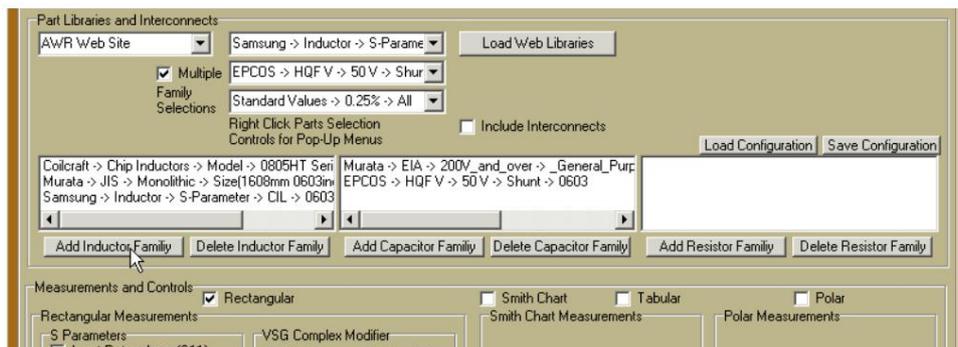


图 3:选择多个零件系列

图 3:将 AWR 原理图零件更新为最接近的制造商支持值

导出原理图

AWR 原理图将使用所选零件系列中值最接近理想值的零件,如下图 4 所示。

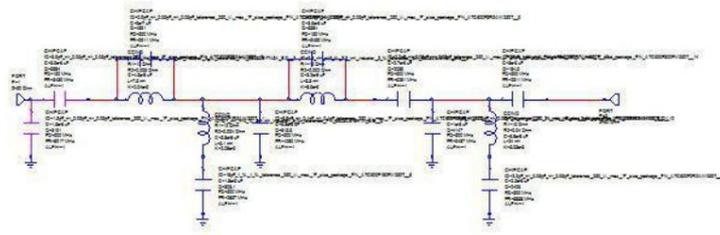
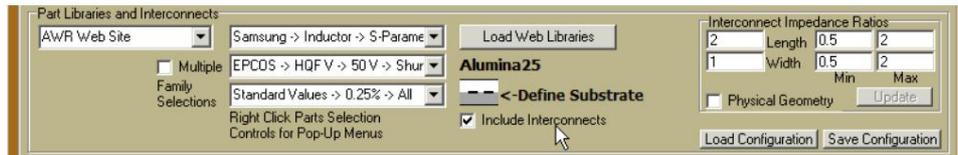


图 4:带有 AWR Web 库部件的导出 AWR 原理图。

互连和布局

勾选“包含互连”将向 AWR Web 和本地库部件添加互连,这反过来又提供了布局功能并提取到 AWR 支持的 EM 模拟器中,例如 Axiem,优化限制是几何乘数的宽度和长度。



选中“物理几何”以使用物理单位(例如米或密耳)定义互连。

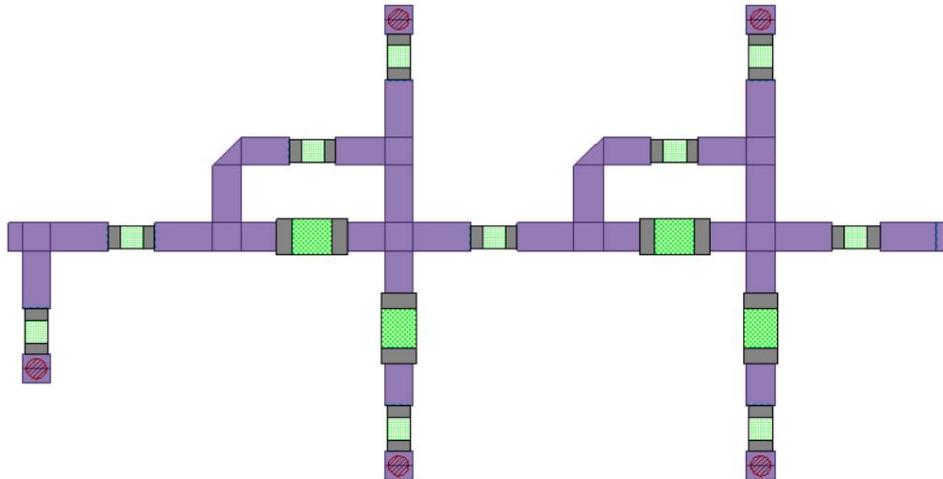
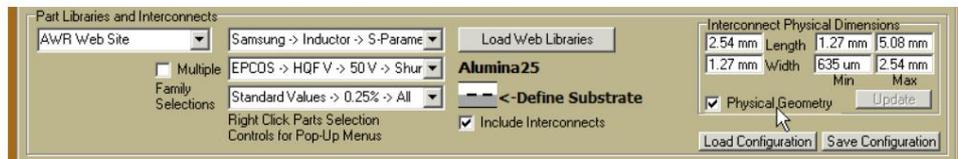


图 5. AWR Web 和本地库部件的互连布局

NI AWR LPF 管理

概述

层处理文件 (LPF) 是一种实用且功能强大的工具,可提供布局设计灵活性。为了确保 LPF 的最大实用性和最大用户友好性,FilterSolutions 在 AWR 导出面板中提供了 LPF 导出功能的自动管理。导出的 FilterSolutions 设计可以使用现有项目 LPF 条目无缝导出,或者 FilterSolutions 可以创建自己的唯一可识别的 LPF 条目,以创建正确且准确的布局,并具有可选的 LPF 清理功能,当用户不再需要 LPF 中的 FilterSolutions 创建的条目时,可将其删除。

自动 LPF 条目

默认设置了创建所有所需 LPF 条目的选项。所有新的 LPF 条目都清楚地标有名称“NUHERTZ...”,后面是条目的描述(线型、金属等)。条目是根据需要创建的,任何进一步的手动使用或检查 LPF 都会清楚地显示哪些条目是由 FilterSolutions 创建的。



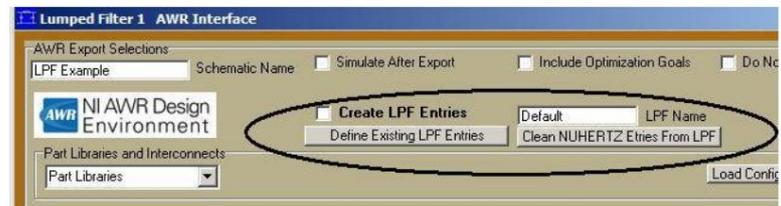
AWR 导出面板设置为自动 LPF 条目

使用现有项目 LPF

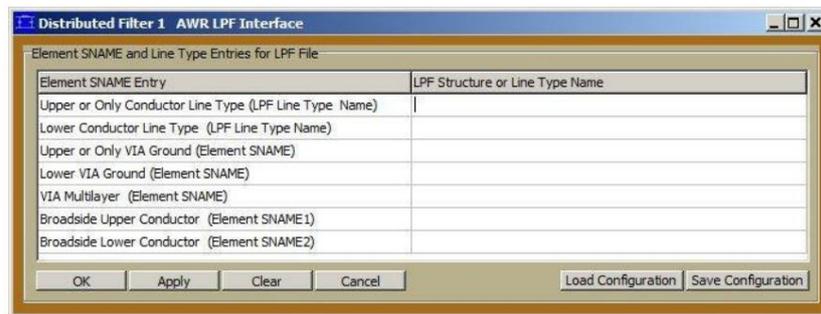
如果希望使用现有项目 LPF,则应取消选择“创建 LPF 条目”复选框,然后单击“定义 LPF 条目”以定义 LPF 条目,这些条目应输入到导出的 Microwave Office 原理图受影响的元素中。VIA 要求在 SNAME 元素参数条目中使用 VIA 结构。

导体需要输入线型名称才能用于布局。(仅电容器覆盖层需要下部导体)。宽边耦合线是电容器覆盖层调谐端口提取所必需的,对于无提取的电容器覆盖层是可选的,并且在这两种情况下都需要在 SNAME1 和 SNAME2 元素参数条目中输入结构名称。为 EM 映射创建了一个全新的 EM 映射层,其中包含 EM 提取所需的其他 LPF 条目。这样做是为了确保现有用户项目中的现有 LPF 条目不会受到任何损坏。

为了适应使用不同 LPF 的多个用户项目,可以使用配置保存和加载功能,以允许用户轻松检索潜在在多个项目中的任何一个所需的 LPF 条目名称。



为现有 LPF 条目设置 AWR 导出面板



现有 LPF 条目名称面板由用户填写

清洁和恢复 LPF

只需选择“从 LPF 中清除 NUHERTZ 条目”即可从 LPF 中删除所有 FilterSolutions 生成的 LPF 条目。所有标有名称“NUHERTZ...”的 LPF 条目都将被删除,并且 LPF 将恢复到未损坏的状态,其中不包括 FilterSolutions 生成的条目。这包括新的 FilterSolutions 生成的 EM 层图,该图将被完全删除。如果在删除所有 NUHERTZ LPF 条目后 GSUB 元素所需的结构“ML_LINE_(1-N)”中没有剩余的组件,则它们将被完全删除。

多个或唯一命名的 LPF

如果在一个项目中使用了多个 LPF,或者单个 LPF 具有唯一的名称,则只需在标记的文本条目中输入所需的 LPF 名称即可。



为多个或唯一命名的 LPF 设置 AWR 导出面板

NI AWR 中的 Modelithics®

导出到 AWR 的滤波器可以选择使用高精度 Modelithics 模型进行仿真。然后可以在 AWR 中生成滤波器布局,包括器件焊盘几何形状。Nuhertz 生成的 Modelithics/AWR 原理图可以通过零件值和/或布局互连宽度和长度进行优化。用户可能希望自定义布局几何形状以适合其特定应用。用户可以随时将优化或调整的 Modelithics 零件值重置为最接近的离散制造商值。

为了提高准确性,可以将布局提取到任何 AWR 支持的 EM 模拟器中,并为 Modelithics 部件提供端口。

如果您尚未购买 Modelithics 数据库,则支持免费的 Modelithics SELECT 数据库。

将 Modelithics 加载到 AWR 中

必须先安装 Modelithics 并将其加载到 AWR 中才能使用,方法是选择“文件”->“新建带库”->“Modelithics...”,如下图所示。

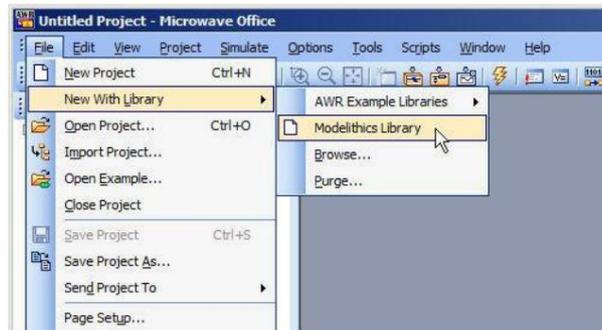


图 1:将 Modelithics 加载到 AWR 中

加载到 AWR 后,可以使用 AWR 导出控制面板中的“加载 Modelithics 模型”按钮将 Modelithics 加载到 Nuhertz 中,如下图所示。通常,每次更新 Modelithics 后,只需将 Modelithics 模型加载到 Nuhertz 中一次。互连长度比是指导出的 AWR 过滤器中互连的默认长度与宽度比。选中“优化互连”以设置 AWR 几何方程以进行优化和调整。启用“更新方程”后,选择“更新方程”将现有的 AWR 原理图方程设置为“优化互连”复选框指定的状态。

输入电感器和/或电容器公差 (%)来设置 Modelithics 产量分析的公差。

要保存和检索 Modelithics 条目,请使用“保存配置”和“加载配置”按钮。

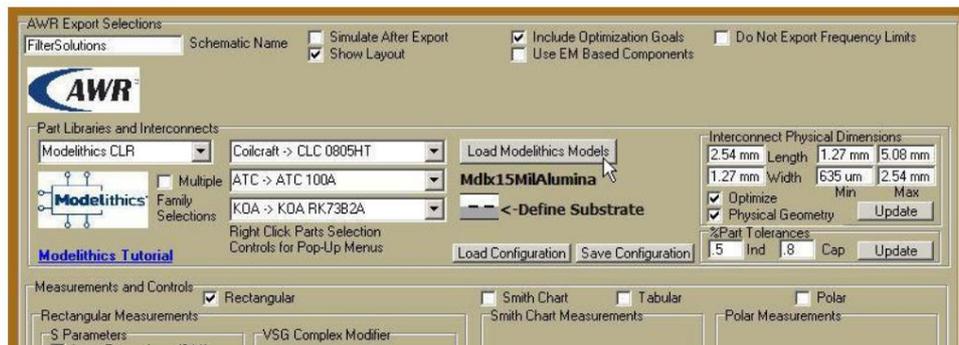


图 2:将 Modelithics 模型加载到 Nuhertz FilterSolutions 中

选择 Modelithics 模型

通过使用鼠标右键单击弹出菜单,可以轻松选择 Modelithics 电感器、电容器、电阻器和基板,如下图所示。每个选择都显示模型系列的范围,以便于视觉参考。基板选择以 Nuhertz 选择的单位显示基板高度,以便于视觉选择。

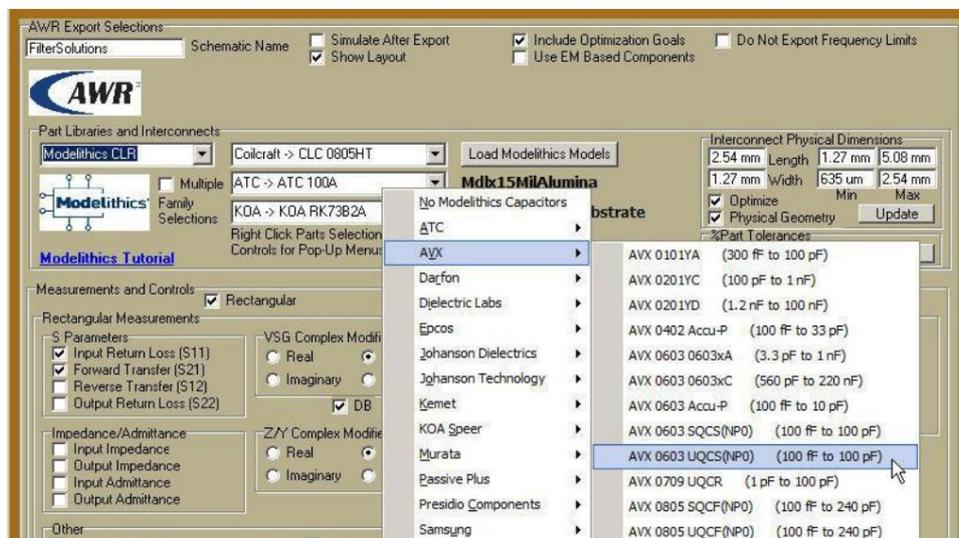


图 3:选择 Modelithics 制造商和系列

选择多个家庭

如果需要多个部件系列,可以选择“多系列选择”,然后选择单个系列并将其输入到多个系列表中.导出时,将从输入的所有系列中选择与合成值最接近的部件进行导出,如下图 4 所示.

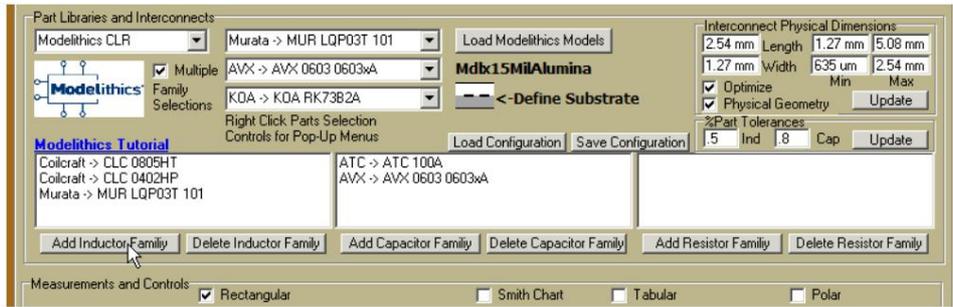
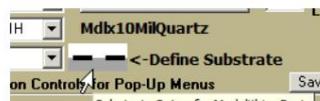


图 4:选择多个零件系列

定义基底



选择“Define Substrate”,将出在导出控制面板中定义要导出到 AWR 的 Modelithics 原理图中的基底.

现下图 5 所示的基底定义页面.可以选择任何 Modelithics,AWR Web Library 基板或用户定义的基底.对于 Modelithics 和 AWR Web Library 基板,必须选择“Load Modelithics Substrates”或“Load AWR Web Lib Substrates”才能导入基板,AWR Web Library 需要 Internet 连接.

“选择 Modelithics 基板”或“选择 AWR Web Lib 基板”将为相应的基板组调出基板选择菜单.

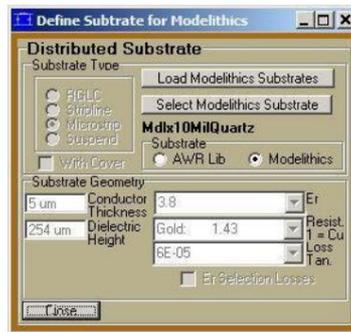


图5:定义 Modelithics 基底

AWR 原理图和布局

“互连长度比”和“阻抗宽度比”用于设置互连的初始长度和宽度几何形状.AWR/Modelithics 原理图旨在生成有效布局,如下图 4 中的三极滤波器所示.修改默认布局几何形状时,用户应注意保持布局有效性.初始布局几何形状设置为使用 AWR “S”和“W”方程进行优化

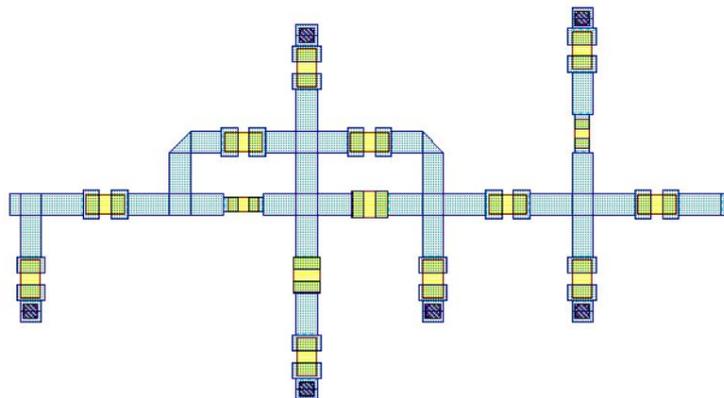


图 6:Modelithics Parts 滤波器设计的有效 AWR 原理图布局

通过启用提取块并执行原理图提取,可以将布局提取到 AXIEM 或用户选择的任何 AWR 支持的 EM 外壳中,如下所示

如图 7 和图 6 所示。

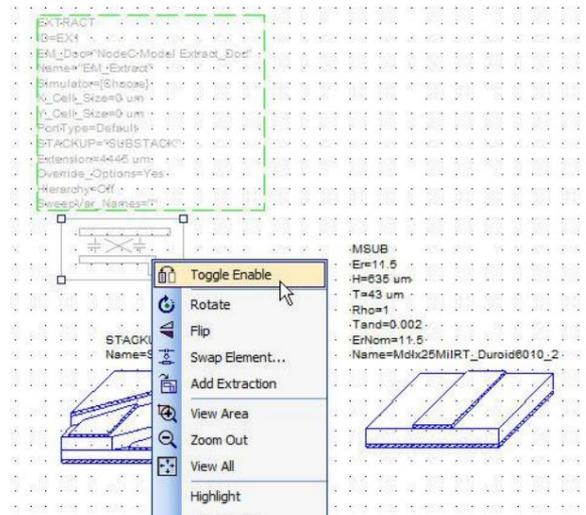


图 7:启用提取至 AWR 支持的 EM 机柜

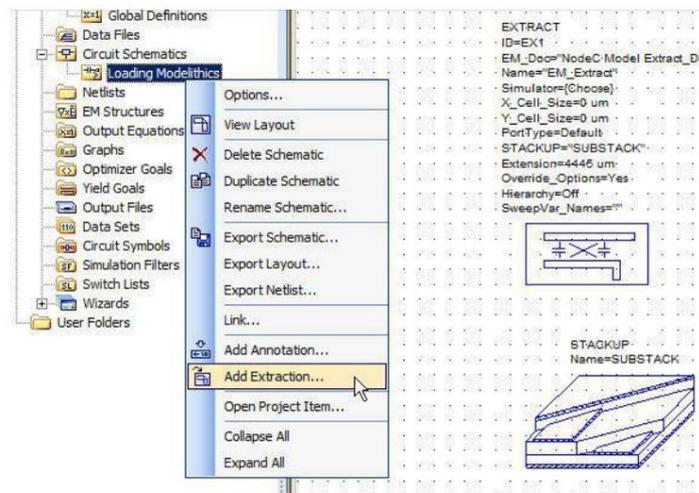


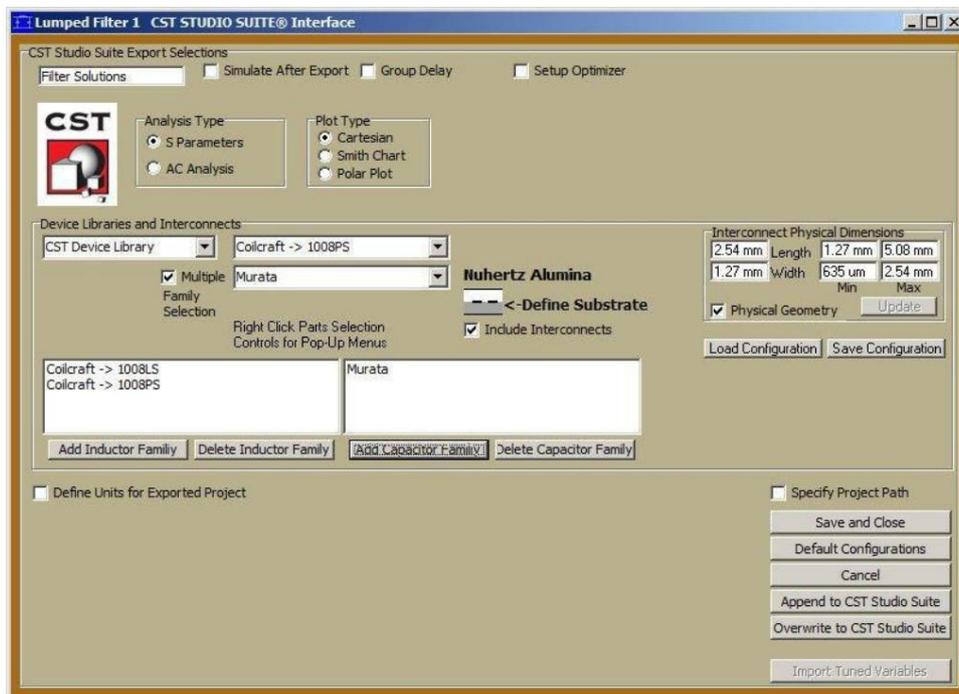
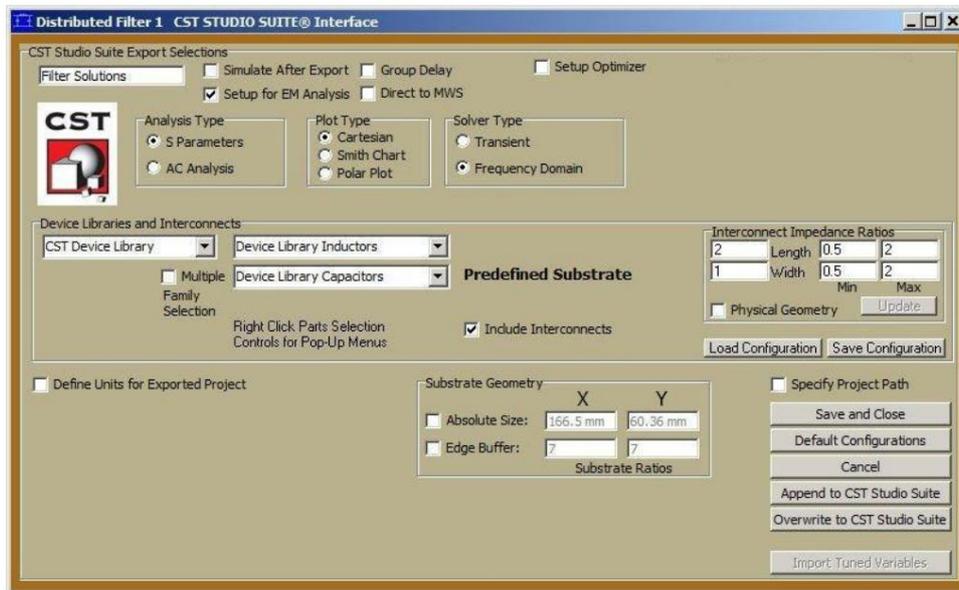
图 8:将 Modelithics 布局提取到 AWR 支持的 EM 外壳中。

将过滤器导出至 CST STUDIO SUITE®

可以通过选择原理图左上角的“导出”功能,然后选择“CST 设置”或“CST 直接”,将每个集总、分布和有源原理图导出到 CST STUDIO SUITE。“CST 设置”会调出 CST 导出面板,如下所示。“CST 直接”使用之前设置的 CST 导出面板设置直接导出。

从 CST STUDIO SUITE 导入变量 (仅限集中和分布)

如果 CST STUDIO SUITE 对 Nuhertz 生成的设计进行调整或优化,则可以通过在导出选择中选择“导入调整”,或从下面的按钮选择中选择“导入调整变量”,将优化的变量导入回 Nuhertz。



CST STUDIO SUITE导出面板

将叠加滤波器直接导出至 3D 瞬态求解器

高通覆盖滤波器采用宽边耦合线来模拟串联电容,无法使用现有的微带元件将其导出到 CST Design Studio。因此,提供了一个选项来直接导出到 3D 瞬态求解器。设计覆盖滤波器时,存在一个名为“直接 MWS”的选项来代替上面显示的“EM 分析设置:”。选中“直接 MWS”可将您的覆盖设计直接发送到 MWS 瞬态求解器。

CST STUDIO SUITE 导出选项:

原理图名称输入 (默认为 “FilterSolutions”)	输入要导出到 CST STUDIO 的原理图名称套房
导出后模拟	勾选此项可强制 CST STUDIO SUITE 在导出原理图后立即对其进行模拟。
群延迟	勾选后可在 CST STUDIO SUITE 中显示群延迟
安装优化器	勾选设置后自动设置电路分析优化器与导出,包括优化目标。
	仅显示分布式平面导出。

电磁分析设置	勾选后即可自动设置导出的项目以进行 EM 分析。 导出后,可以直接在 CST Studio Suite 中细化或调整网格以提高速度、准确性和优化。
直接至 MWS	勾选后,无需电路原理图,即可直接将覆盖过滤器发送到 MWS 3D 求解器。导出时会包含参数,但不会用于创建 3D MWS 项目
分析类型	仅显示双端接滤波器。选择要在 CST STUDIO SUITE 中设置的所需分析。单端接滤波器和有源滤波器始终在 AC 分析中设置。
求解器类型	选择所需的 CST Studio Suite EM 求解器。
绘图类型	选择要在 CST STUDIO SUITE 中显示的所需绘图类型。用于“导出后模拟”。
求解器类型	当“已选择 EM 分析设置”时显示。 在瞬态频率求解器之间进行选择。
基底几何形状	仅显示或分布平面出口。 检查想要改变的基底几何属性,并输入适当的值。
项目单位	勾选以输入导出的 CST Studio Suite 项目所需的单位。几何单位可以选择保留所选的 Nuhertz 长度单位。
保存并关闭	关闭 CST STUDIO SUITE 导出面板并保存设置。
默认配置	将所有选择设置为其默认设置。
取消	关闭面板并忽略现有选定的设置。
附加到 CST	添加新的 CST STUDIO SUITE 原理图。
覆盖至 CST 单间套房	覆盖最后导出的 CST STUDIO SUITE 原理图。

设备库和互连选项:

CST 设备库	选择显示设备库选项。还有“仅互连”选项可用。
右键单击零件选择...	右键单击下拉组合框以选择设备库系列
定义基板	单击显示用于集总互连的弹出式基板选择框。平面设计使用高级用户面板或 FilterQuick 基板弹出式窗口中定义的基板。
互连物理方面	以物理单位显示互连尺寸
互连阻抗比	以终端阻抗宽度比的形式显示互连几何形状。
更新	单击可使用当前几何定义更新现有的 CST 设计工作室原理图。
物理几何	勾选以显示物理尺寸的互连几何形状。 否则,将显示互连比率。
添加/删除电感器/电容器家庭	单击可将现有的选定零件系列添加到多系列列表中。 将从整个系列列表中选择最近的零件值以导出到设计工作室。
加载/保存配置	单击即可加载或保存当前的设备库和互连选择。

试金石文件

您可以轻松地将设计的滤波器导出为 Y、Z 或 S 参数 Touchstone 文件,然后将其导入其他电路分析程序。每个滤波器原理图的左上角都包含一个“导出”功能,选择后,即可导出 Touchstone Z、Y 和 S 参数文件。

电路分析程序通常包含称为“N-Port”、“理想元素”等的元素,它们能够读取或导入包含 Z、Y 或 S 参数数据的 Touchstone 文件,并在读取滤波器解决方案生成的 Touchstone 文件时有效地对设计的滤波器进行建模。

端口定义:

2 端口过滤器:

端口 1 = 输入。

端口 2 = 输出

双工器:

端口 1 = 输入

端口 2 = 低通输出

端口 3 = 高通输出

三工器:

端口 1 = 输入

端口 2 = 低通输出

端口 3 = 高通输出

端口 4 = 带通输出

尖端:

Z 和 Y 参数仅模拟滤波器网络,不包括任何源或负载终端。

S 参数 Touchstone 导出仅适用于等端滤波器。这是由于标准 Touchstone 文件格式要求的限制。

起始频率和结束频率由滤波器解决方案最小频率和最大频率条目决定。

如果 Touchstone 文件频率响应包含噪音或尖峰,请向反应元件添加一点损失以使其平滑。

插图:

