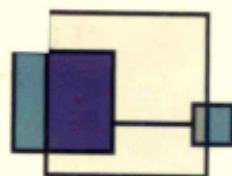


CST工作室套装™丛书 8



CST 设计工作室™

基础入门 & 应用算例



高频有源电路及系统级仿真与综合

11/10

0050153

CST China

目录

第一章 概述.....	3
欢迎.....	3
如何快速起步.....	3
何为 CST 设计工作室™?	3
CST 设计工作室™主要应用.....	3
设计工作室™的关键功能.....	4
组件.....	4
分析功能.....	4
结果管理.....	4
可视化.....	4
文档制作.....	4
自动化.....	5
关于本书.....	5
版式约定.....	5
您的反馈.....	5
联系 CST CHINA.....	5
CST China.....	5
CST 总部.....	5
全球分销代理.....	5
技术支持.....	6
第二章 快速演练.....	7
用户界面概览.....	7
创建一个系统.....	9
添加并连接组件.....	9
改变元件的属性.....	12
改变外部端口的属性.....	13
进行仿真.....	14
单位设置.....	15
定义仿真项目.....	15
启动仿真.....	17
结果可视化.....	18
标准结果窗口.....	18
个性化结果视图属性.....	21
用户自定义结果视图.....	22
参数化与优化.....	24
使用参数.....	24
进行参数扫描.....	27
进行优化.....	30
计算其他结果.....	36
基于模型降阶法的 SPICE 网络参数提取.....	36
后处理模板.....	37
第三章 元件类型.....	39
特殊元件.....	39
参考元件.....	39
克隆元件.....	40
CST 设计工作室元件.....	41
CST 微波工作室元件.....	43
库元件.....	48
Touchstone 元件.....	52
电路元件.....	53

Sonnet em 元件.....	56
特殊元件属性.....	57
修改元件布局.....	57
元件去嵌.....	58
为元件选择求解器.....	59
使用插值.....	60
使用差动端口.....	62
第四章 仿真任务.....	64
S 参量仿真任务.....	64
交流 (AC) 仿真任务.....	65
工作点 (DC) 仿真任务.....	65
天线插件.....	66
谱线仿真任务.....	67
放大器仿真任务.....	69
混频器仿真任务.....	70
第五章 双频贴片天线算例：与 CST 微波工作室®的集成.....	72
实例介绍.....	72
CST 微波工作室®模型.....	73
天线.....	73
变换器.....	74
CST 设计工作室™建模.....	74
优化.....	78
天线计算.....	80
第六章 寻求更多信息.....	83
实例.....	83
在线帮助.....	83
技术支持.....	83
宏语言文档.....	83
版本更新记录.....	83
附录 A 元件表.....	84
基本元件.....	84
特殊元件.....	84
传输线元件 (白/黄).....	85
微带线元件 (红/黄).....	86
矩形波导元件 (蓝/黄).....	88
其他波导元件.....	90
基本电路元件.....	90
半导体电路元件.....	92
RF 电路元件.....	94
附录 B 快捷键.....	99
通用快捷键.....	99
设计视图区中的快捷键.....	99

目录

第一章 概述.....	3
欢迎.....	3
如何快速起步.....	3
何为 CST 设计工作室™?	3
CST 设计工作室™主要应用.....	3
设计工作室™的关键功能.....	4
组件.....	4
分析功能.....	4
结果管理.....	4
可视化.....	4
文档制作.....	4
自动化.....	5
关于本书.....	5
版式约定.....	5
您的反馈.....	5
联系 CST CHINA.....	5
CST China.....	5
CST 总部.....	5
全球分销代理.....	5
技术支持.....	6
第二章 快速演练.....	7
用户界面概览.....	7
创建一个系统.....	9
添加并连接组件.....	9
改变元件的属性.....	12
改变外部端口的属性.....	13
进行仿真.....	14
单位设置.....	15
定义仿真项目.....	15
启动仿真.....	17
结果可视化.....	18
标准结果窗口.....	18
个性化结果视图属性.....	21
用户自定义结果视图.....	22
参数化与优化.....	24
使用参数.....	24
进行参数扫描.....	27
进行优化.....	30
计算其他结果.....	36
基于模型降阶法的 SPICE 网络参数提取.....	36
后处理模板.....	37
第三章 元件类型.....	39
特殊元件.....	39
参考元件.....	39
克隆元件.....	40
CST 设计工作室元件.....	41
CST 微波工作室元件.....	43
库元件.....	48
Touchstone 元件.....	52
电路元件.....	53

Sonnet em 元件.....	56
特殊元件属性.....	57
修改元件布局.....	57
元件去嵌.....	58
为元件选择求解器.....	59
使用插值.....	60
使用差动端口.....	62
第四章 仿真任务.....	64
S 参量仿真任务.....	64
交流 (AC) 仿真任务.....	65
工作点 (DC) 仿真任务.....	65
天线插件.....	66
谱线仿真任务.....	67
放大器仿真任务.....	69
混频器仿真任务.....	70
第五章 双频贴片天线算例：与 CST 微波工作室®的集成.....	72
实例介绍.....	72
CST 微波工作室®模型.....	73
天线.....	73
变换器.....	74
CST 设计工作室™建模.....	74
优化.....	78
天线计算.....	80
第六章 寻求更多信息.....	83
实例.....	83
在线帮助.....	83
技术支持.....	83
宏语言文档.....	83
版本更新记录.....	83
附录 A 元件表.....	84
基本元件.....	84
特殊元件.....	84
传输线元件 (白/黄).....	85
微带线元件 (红/黄).....	86
矩形波导元件 (蓝/黄).....	88
其他波导元件.....	90
基本电路元件.....	90
半导体电路元件.....	92
RF 电路元件.....	94
附录 B 快捷键.....	99
通用快捷键.....	99
设计视图区中的快捷键.....	99

第一章 概述

欢迎

欢迎您使用 CST 设计工作室™这一基于电原理图的设计工具，它主要应用于复杂系统的快速优化和综合。它是一个开放集成设计平台，提供了大量的与国际一流电磁 EDA 软件的接口，如专用于微波无源器件与天线设计及分析的 CST 微波工作室®、美国安捷伦公司 ADS® 高级电路仿真软件、美国 AWR 公司 Microwave Office® 微波电路仿真软件、美国 Sonnet® 公司的 Sonnet em® 2.5D 平面微波电路仿真软件、德国 MICHIAN 公司的 μ Wave Wizard™ 空腔滤波器专用软件等。所以它是一个完整且强大的解决方案，使您能在不同层次上仿真设计您的系统。

CST 设计工作室™ 包含在 CST 设计环境™中。请您先参考《CST 工作室套装™ 2006 – 设计环境》。以下的说明都假定您已经安装了本软件并且熟悉了用户界面的基本概念。

有两种方式进入 CST 设计工作室™的电原理图视图：

- 当 CST 设计工作室独立使用时，其主视图区就是电原理图视图区。在新的项目创建前，视图区是空白。通过添加连接组件就可在视图区中建立电路模型。
- 当启动 CST 微波工作室®时，系统将同时启动与之相伴的 CST 设计工作室™。缺省情况下，系统总是显示 CST 微波工作室®的界面。用户要切换到 CST 设计工作室™时，方可看到设计工作室界面。

注意，您可用的组件和仿真功能取决于您购买的功能模块。

如何快速起步

我们建议您按照以下步骤进行：

- 阅读《CST 工作室套装™ 2006 – 设计环境》。
- 仔细阅读本书并加上机联系。它包含了解高级文档所必需的基础知识。
- 浏览安装目录下的“examples”文件夹。其中包含了各种不同的应用类型，它们会给您一个有关本软件应用范围的整体印象。请注意，现实中的应用显然更为复杂，如果您不熟悉相关知识的话，理解起来也会更困难。
- 以您自己的例子起步，并尽量选择小而简单的例子，让您可以很快地熟悉本软件。
- 在您将第一个例子完成后，请联系我们的技术支持人员，他们会给您一些有用的建议，以帮助您更加有效地使用 CST 设计工作室™。

何为 CST 设计工作室™？

CST 设计工作室™是一个用来创建，仿真和优化电路模型的、基于电原理图的设计工具。电路模型可以由不同类型库中的组件来构建。组件实现的物理特性可以基于解析模型、仿真结果或者是测量数据。

CST 设计工作室™提供了多种仿真算法，每种算法都会得到具体的一组结果。仿真设置保存在仿真项目中。因为您可以保证任意多个仿真项目，所以您可以使用不同的设置运行一系列运算。

CST 设计工作室™最显著的功能之一就是其全参数化设计，它可以让您仅通过改变一个参数，就达到修改电路模型中任意多个组件的目的。使用参数扫描或者优化工具，就可以按照预先设定或是用户自定义的条件，一步一步改进给定参数的值。

CST 设计工作室™能实现复杂且高谐振结构的高效率设计。CST 设计工作室™把复杂系统分解成一些小的单元，每个单元通过它的广义 S 参量矩阵描述。综合各小单元的结果，从而分析得到整个系统的特性。因此，这样能大大减少仿真时间。

CST 设计工作室™主要应用

CST 设计工作室™大多数的应用都可以利用 CST 设计工作室™和 CST 微波工作室®紧密集成以及其完整的 3D 电磁场仿真软件和电路仿真软件间的无缝工作流程来完成。我们要区别两类应用：

- 高频电路设计时，需要将电磁场效应考虑进去。此时简单的电路模型没有考虑串扰等效应，是不充分的。
- 3D 电磁器件包含了小的电路。这里需要进行路和电磁场的协同仿真。协同仿真不仅可以节省仿真时间，还提供了新的功能，比如您可以通过匹配网络定义特定的激励。

CST 设计工作室™的用户可以处理不同的器件。本软件的应用范围包括微带滤波器、波导滤波器、多工器和天线匹配网络等等。

设计工作室™的关键功能

以下列表概述了 CST 设计工作室™的主要功能。请注意，由于口令的限制，这些功能您不一定全部都能使用。请您联系我们以获得更多信息。

组件

- ☐ 多种解析组件
- ☐ 电路元件
- ☐ 提供半导体模型库
- ☐ 支持多级模型，如：以组件类型分类的多级子系统
- ☐ 无缝集成 CST 微波工作室®的 3D 电磁场仿真
- ☐ 集成高频平面电路分析工具 Sonnet em®¹ 软件包
- ☐ 以 TOUCHSTONE 文件格式导入测试或者仿真结果数据
- ☐ 可使用元件扩展库

分析功能

- ☐ 全参数化
- ☐ 对任意多个参数进行参数扫描
- ☐ 可对任意多个参数进行优化，并可对每个目标加以不同的权重
- ☐ 内建专为 CST 设计工作室™定制的 APLAC®³线性及非线性电路仿真子库
- ☐ 可选 APLAC®元件总库
- ☐ 可简单定义与诸如混频器、放大器、天线等这类特殊组件所相关的各类仿真项目
- ☐ 对外接集成场仿真器的结果进行自动重复计算
- ☐ 对仿真元件进行插值以加快仿真速度
- ☐ 可选解析元件或数值仿真元件
- ☐ 采用去嵌功能去除插入件的影响
- ☐ 采用差分端口可实现各类电路与电磁场的协同仿真
- ☐ 考虑高阶模式
- ☐ SPICE 模型提取
- ☐ 后处理模板

结果管理

- ☐ 仿真过程中可随时提取相关仿真项目的结果
- ☐ 通过导航树轻松访问计算结果
- ☐ 可在用户自定义的子目录中保存和比较结果

可视化

- ☐ 可合并查看同类数据或观察单个数据
- ☐ 多种数据显示格式（实部、虚部、绝对值、极坐标图、史密斯圆图）

文档制作

- ☐ 可在布线图中创建和插入文字和图画

¹ Sonnet em 是 Sonnet Software, Inc 的注册商标。

² CST 设计工作室™的 APLAC®是 APLAC® Simulator 的子集，APLAC Solutions 的电路仿真软件和设计工具，专为电磁场和电路的协同仿真项目提供线性和非线性的组件和算法。

³ APLAC 是 APLAC Solutions Corp 的注册商标。

自动化

- ☐ 强大的兼容 VBA (Visual Basic for Applications) 宏语言系统, 包含 VBA 编辑器和宏调试器
- ☐ 无缝集成到 Windows 环境的 OLE 自动化技术

关于本书

本书主要用于 CST 设计工作室™的快速入门。它只是让您对关键性的概念有个总体印象, 而不是包含所有概念的完整参考手册。理解这些概念有助您在在线文档的帮助下有效使用本软件。

本书主要部分是第二章: 快速演练。它将指导您熟悉 CST 设计工作室™中最重要的功能。我们强烈建议您仔细阅读此章。

版式约定

- ☐ 可在主菜单中选取的命令以如下方式显示: 主菜单项⇨子菜单项。这表明您需要先选择“主菜单项”(如“File”), 再选择相应的“子菜单项”(如“Open”)
- ☐ 对话框中需要点击的按钮均以斜体显示, 如 *OK* 按钮
- ☐ 组合框用一个(+)来连接。*Ctrl+S*表示您需要在按下“Ctrl”键的同时按下“S”键

您的反馈

我们一直在努力提高本书的质量。无论您对本书有任何建议, 均请将它们发送到:
info@cst-china.cn。谢谢!

联系 CST China

CST China 将很荣幸能够得到您的反馈。CST China 是德国 CST 总部在中国唯一的权威窗口。如果您有关销售、技术支持、考题、培训、咨询、合作开发等各方面问题, 请直接与 CST China 联系。

CST China

CST China
上海市浦东新区松涛路 489 号 B 座 2 楼
邮编: 201203
电话: 021 50802328
传真: 021 50802326
邮件: info@cst-china.cn
网站: <http://www.cst-china.cn>

CST 总部

CST - Computer Simulation Technology
Bad Nauheimer Strasse 19
D-64289 Darmstadt, Germany
Phone: +49 (0)6151-7303-0 Fax: +49 (0)6151-7303-10
Email: info@cst.com WWW: <http://www.cst.com>

全球分销代理

各技术中心的最新列表, 请参考 CST 总部的主页 <http://www.cst.com>。

技术支持

在与我们技术支持部门联系之前，请先查阅本书和在线帮助。如果仍然无法解决您的问题，可以通过以下几种方式得到技术支持：

主页上的技术支持区

在该区您可以看到定期更新的最常见问题解答，应用摘要和视频。您也可以浏览最新的教程或将其下载。此外，您还可以在该区下载在线更新和补丁。网站：www.cst-china.cn

要想获得技术支持区所有的功能，您需要在进入该区时，在线注册一个公司账号。一旦我们认证了此公司账号的正确性之后，您就可以进入技术支持区。

经常浏览该区，您可以获得有关软件升级，以及相应补丁和更新的所有信息。

电子邮件支持

如果您在常见问题解答页未找到您问题相应的答案，请给我们的技术支持发送邮件。邮件地址为 info@cst-china.cn。通常您可以在一个工作日内收到我们的答复。如果有必要，我们的技术人员会给您电话，所以请在您的电子邮件中注明您的直拨电话号码和手机号码。

如果您需要发送您的模型，请使用宏 *Macros*⇨*File*⇨*Make Archive* 创建一个 ZIP 压缩包，您的模型所有相关数据都已包含在内。

电话和传真支持

在紧急的情况下，您也可以寻求我们的电话支持。如果问题不能得到立刻解决，我们的某位技术支持人员将会给您电话。

第二章 快速演练

CST 设计工作室™虽然极易使用。但事先了解一些相关事宜有助于您更快上手。本章将概览软件的主要功能。认真阅读本章，是您快速掌握本软件的捷径。

本章涵盖了以下小节：

- ⇒ 用户界面概览
- ⇒ 创建一个系统
- ⇒ 定义仿真项目并启动运算
- ⇒ 处理参数
- ⇒ 进行参数扫描和优化

下面说明同时适用于 CST 设计工作室™独立运行模式以及与 CST 微波工作室® 相伴使用时的 CST 设计工作室™运行模式。两种运行模式都可以绘制电原理图。您可以创建电路模型，并且两种运行模式的仿真设置也是相同的。

独立运行模式和相伴运行模式电原理图绘制区唯一的不同在于，在后者绘图区中存在一个预先定义的“元件”。这个元件和微波工作室中的项目相关联（以下章节中还将详细说明）。

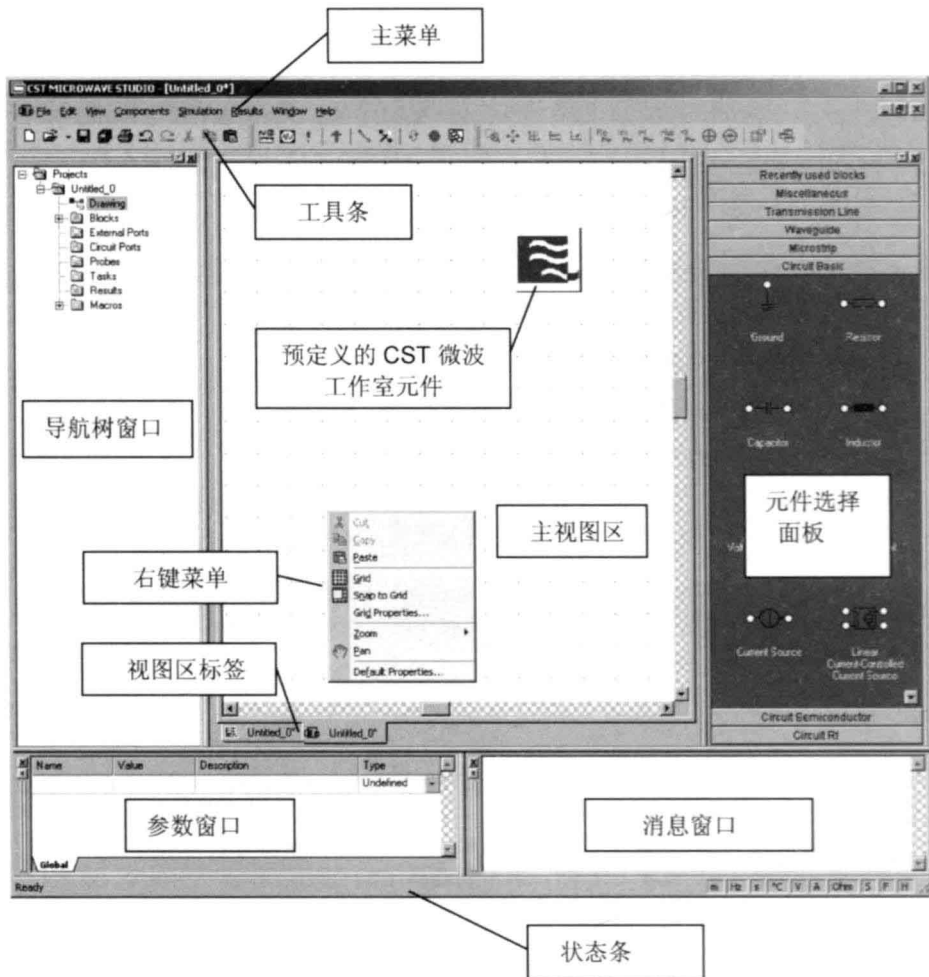
用户界面概览

开始您第一个实例前，我们先来介绍一下用户界面和它的主要组件。我们以 CST 微波工作室®为例来介绍，因为其中还有另外的组件需要解释。

如果您只在使用 CST 设计工作室™，当您一启动程序，就会看到即将要在下面介绍的相似的主视图区。如果您使用的是 CST 微波工作室®，您需要选择 CST 设计工作室™视图区。请查看主视图区下两个标签：



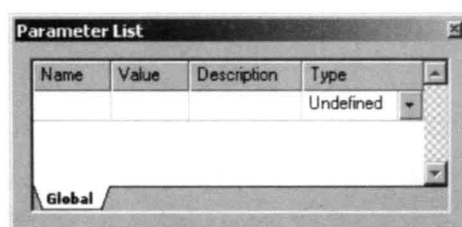
现在，请单击 CST 设计工作室™视图区标签。



如上图所示，用户界面分为五个子窗口：

- 主视图区合并了不同视图区的子窗口。每一个子窗口都可显示项目和结果。上面的例子中包含有两个子窗口：CST 微波工作室® 视图区和 CST 设计工作室视图区。您可以通过先前提到的视图区标签选择相应的视图区。另外，从导航树中可以控制任一视图区的内容。
- 所有的结果和结构单元都可以通过导航树访问。导航树的文件夹和子文件夹表示特定内容。当您从中选择某一条目时，当前处于激活状态的视图就会以恰当的方式显示其中的内容。
- 参数窗口显示当前定义的所有参数。这些参数有可能是全局参数，也可能是选中相应元件的局部参数。
- 程序会在消息窗中显示提示信息，包括一般信息、警告和报错。
- 元件选择面板是创建设计、建立仿真时可用的元件库。元件可以是诸如电阻或电容等的电路元件、微波元件、外部仿真软件接口以及 S 参量测量数据接口等。

除了主视图外，所有的窗口都可以任意设置。您可以将它们摆放在您喜欢的位置。另外，它们可以锁定在主框架上（如上图所示），也可以从中脱离，这样它们可以成为独立的窗口。如单独的参数窗口，如下图所示：



下一个值得一提的是状态条。状态条主要列出了当前选用的物理量单位。当求解器运行时，还显示一些进程信息。

下面所提到的其他部分与所有 Windows 应用程序一样。程序的相应功能可从主菜单和工具条访问。从主菜单几乎可访问本程序所有的功能，而工具条能让您快速地使用常用功能。不是所有的功能都有相应的工具条按钮。您也可以使用右键菜单快速访问某些功能。右键菜单提供的功能类型取决于当前的选择（窗口、元件或者其他程序单元）和当前程序的状态。

创建一个系统

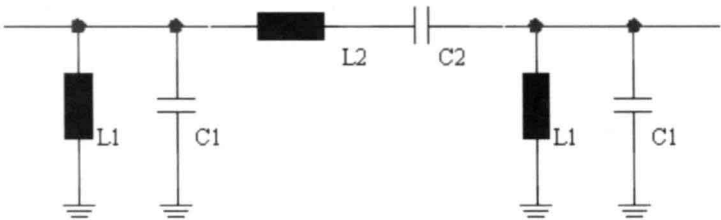
本节将通过一个简单的实例，指导您创建一个设计。您可以学习怎样在您的设计中添加组件并且连接它们。另外，本节还将讲述如何修改组件属性和如何使用参数。
可供选用的组件有很多种。分类如下：

- 元件 (Blocks) 用来实现子系统的物理特性。或者表示集总电路元件。我们要区分解析类、测试类和模拟类元件。大多数可用的元件是解析的，它们的物理特性由参数化电路模型或者数学公式表征。考虑到测量结果，CST 设计工作室™ 提供了 Touchstone 元件，可以以著名的 Touchstone 格式导入 S 参量。其他的元件称为仿真类元件，他们就是 CST 微波工作室® (3D 电磁场结构) 或者 Sonnet em® (2.5D 电路结构) 的仿真项目。仿真类元件记录了项目的结果，并允许在 CST 设计工作室™ 中对该项目进行参数控制。那些可被参数控制属性的元件也叫做参数化元件。另外，还有些特殊的元件，比如接地元件表示电路的共用地。CST 设计工作室元件可表征一个子系统，因此支持多级设计。最后，参考元件定义了共用属性，可以赋给解析元件。参考元件本身不具有物理特性。我们将在接下来的章节里更详细地讨论这些元件。
- 对于 S 参量仿真来讲，外部端口 (external ports) 表示您系统的源与负载。进行简单电路仿真项目（以电压源或电流源作为激励）时，外部端口并不需要。这些任务中，外部端口将被接地电阻取代（当外部端口是差动时，则连接到相应的参考引脚），并且指定固定的端口阻抗（如果没有定义固定端口阻抗，就采用 50 Ω）。
- 探针 (probes) 与组件的连接有关，它们可以记录简单电路仿真项目的电压和电流。

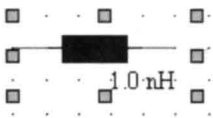
要获得正确的设计，各组件间必须正确连接。

添加并连接组件

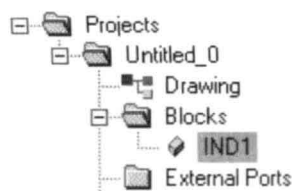
现在您可以在 CST 设计工作室™ 中开始您的第一个电路仿真。接下来的几节我们将以一个简单的带通滤波器为例子。它包含了简单的电感和电容，以三个 LC 谐振单元构成一个Π形网络。滤波器的拓朴结构如下所示。



让我们从插入第一个电感开始建立电路。在元件选择面板中选择 *Circuit Basic* 部分，在电感元件上按下鼠标左键，按住左键，将其拖动设计视图到您想要插入该元件的位置，松开鼠标左键，完成插入。您可以在设计视图中移动元件，以获得更好方向显示。如下所示，选中插入的元件就可以在设计视图中移动它。



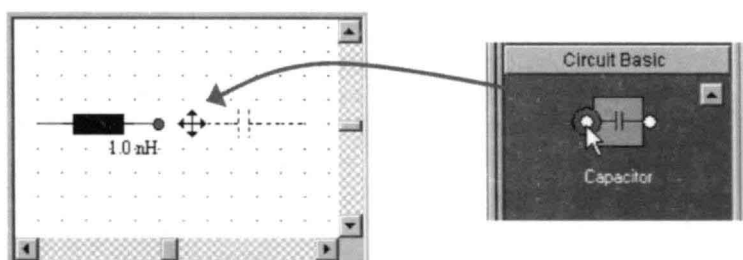
请注意在导航树的 Blocks 文件夹下同时添加了相应的条目。该条目将根据对应元件命名。电感元件的缺省名是 INDn，所以除非用户自己对其重命名，否则我们添加的电感将被命名为 IND1。



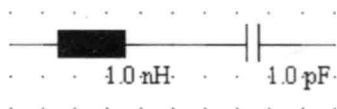
元件条目本身可能包含有子条目，通过子条目可访问元件相应结果。我们以后会详细讨论这些条目。

根据元件表征的物理特性，它可能有一定数目的引脚（内部端口）。内部端口由和元件相连的短线表示。如果其没有连接，线呈红色，否则呈蓝色。每个内部端口都标明了端口号（除了集总电路元件，因为其外观就足以表示其内部的布局）。例如，我们插入的电感有两个内部端口，由于还没有被连接，两根连线都呈红色。

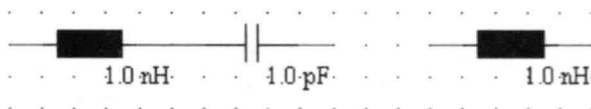
要添加第一个电容，移动鼠标到元件选择面板里电容元件的左边的内部端口，当该端口高亮成红色的圈时，按下鼠标左键，将其朝先前添加的电感的右端口拖动过去。当两个内部端口相互接触时，将会显示红色圆圈。



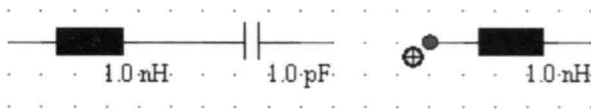
此时，松开鼠标左键。这样电容就被添加并且和电感相连。附属于内部端口的短线变成蓝色表明连接有效。



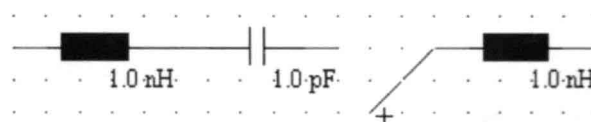
您也可以手动创建两种元件间的连接。为此，请将下一个电感拖拽到电容的右侧。



移动鼠标指针到右侧电感的左侧内部端口，只要鼠标指针到达端口附近，其就会以红色圆圈高亮显示，鼠标指针也变成带圈的十字形。



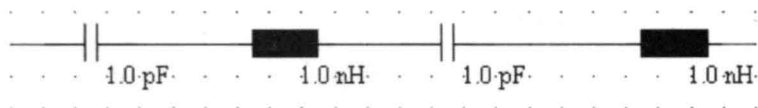
要定义连接的起始点，双击红色圆圈。鼠标指针再次改变，从内部端口到鼠标的实际位置间会有类似橡皮筋的连线。



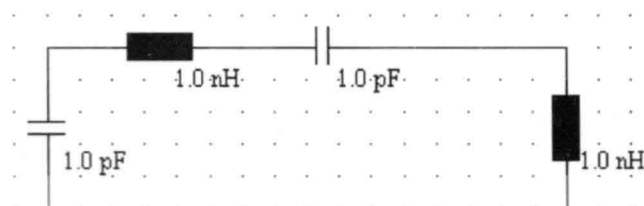
您的鼠标碰到可以连接的元件时，元件就会高亮显示，鼠标指针变回到有边的十字形，点击电容的右侧内部端口，完成连接。连接一旦建立，两个元件间就会画上蓝线。

注意连接线没有物理特性，也就是说，连接线是没有长短之分的。连接线只是组合两个接口（例如内部端口）。

现在，插入另外一个电容到您模型中。将其放置在最左侧，如下图所示连接元件：

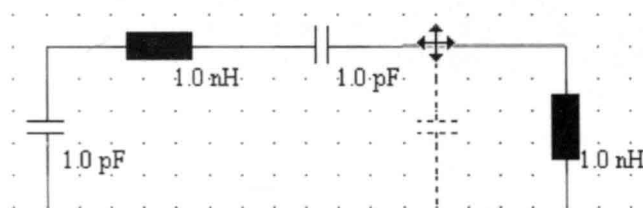


依次选中左侧的电感和右侧的电感，从主菜单选择 *View* ⇌ *Tools* ⇌ *Rotate/Flip Tools* ⇌ *Rotate Left/Right* 命令，或者使用快捷键 <l> 或 <r>（分别表示向左或向右旋转），旋转相应元件。重新调整两个元件的位置，得到如下所示的模型：

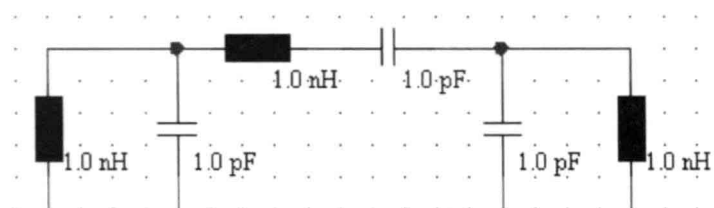


如此，一个内部端口就可以正确地连接到另一个内部端口。然而，电路经常会有 T 形交叉结构和十字交叉结构。在 CST 设计工作室™中，我们通过插入节点来实现这些交叉结构，节点可以连接到任意多的内部端口（或者连接到其他节点）。将选定的内部端口接入到高亮的连接线上，而不是另外的内部端口时，节点就会自动被创建，您也可以在连线模式下双击连接线创建节点。另外，如果元件的内部端口被放置在连接线上，元件就会自动连接到连接线，并朝向原先靠近连接线的方向，垂直于连接线放置。

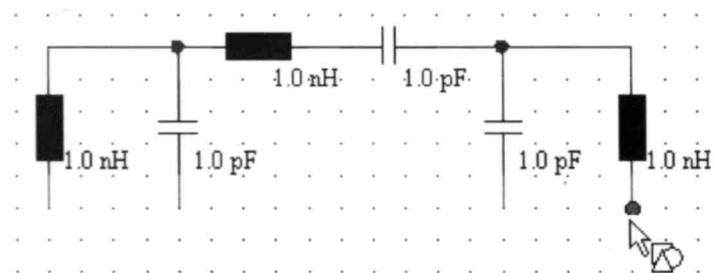
让我们试试使用这种方法放置下一个元件。选择另外一个电容，将其移动到设计图中。开始，它是水平放置的。现在鼠标左键点中电容一端，将其从下向上拉到水平连接线上欲连接点处。元件会自动翻转到铅直方向，元件仍在水平连接线下。



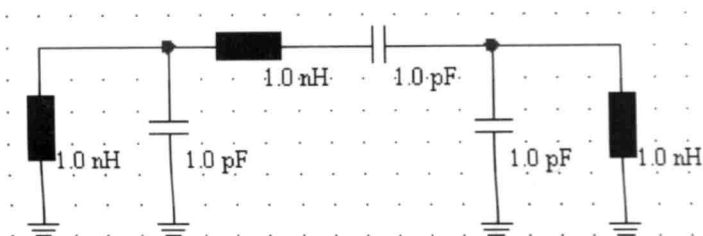
松开元件，这样节点便建立好了。接入最后一个电感，并且旋转或移动元件，直到您的电路图如下所示：



最后，您需要将所有开放的内部端口接到接地元件。您可以在元件选择面板中的 *Circuit Basic* 部分找到接地元件。当设计视图处于激活状态时（您可能需要单击设计视图以激活它），最快捷的建立接地的方法是使用快捷键 <g>。使用快捷键 <g>，下次单击鼠标就可以创建接地元件。您可以试试使用这个功能。您按下 <g> 键后，会看到鼠标的图标变成普通插入图标。同时和一般的拖放操作相同的高亮机制也被激活。

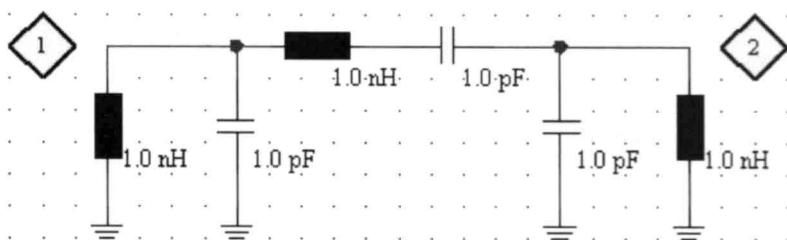


单击最右侧的开放内部接口，接地元件也被创建，用快捷键 <g> 重复以上步骤，将余下内部端口接地。

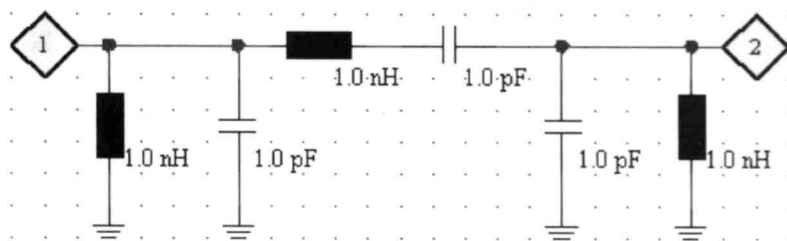


外部端口定义了设计电路的源与负载。除了一些电路仿真使用电压源和电流源作为激励外，其余仿真均需定义外部端口，尤其是 S 参量的仿真。

插入外部端口和插入元件的步骤一样。您可以在元件选择面板的 Miscellaneous 部分找到端口组件。或者，您可以利用快捷键 *p*（指端口）来插入外部端口，其方法和前面介绍的快捷方式 *g* 类似。按下 *p* 键，单击主窗口，在当前鼠标指针处便创建了第一个端口。您可以使用同样的方法创建第二个端口，将端口放置在如下图所示的位置。



外部端口和内部端口或是节点连接的建立和手动连接两个元件的方法一样：双击外部端口 1，接着单击其右侧连接线的边缘。使用同样的方法，可以连接外部端口 2。

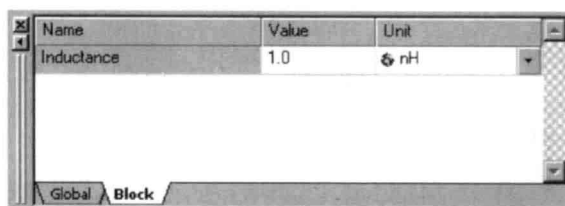


现在，所有的端口都已连接好。请确保在您的工作窗口中已没有表示未连接元件的红线。如果需要，请重复以上操作来建立缺失的连接。

注意，节点和连接点的边缘都可以移动到不同的位置。对于更为复杂的电路，有时这有助于修改自动布线。

改变元件的属性

创建完电路的拓扑结构后，我们要根据相应元件的属性来定 C1、C2、L1 以及 L2 的值。这非常容易完成，您可以选择相应的元件，在如下图所示的参数窗口中编辑其属性：



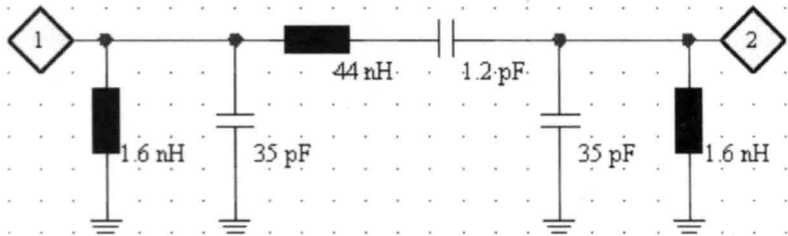
列表中的内容取决于元件的类型。属性名清楚地表示其表示的相应物理性质。但是，如果您对某一性质有疑问，您可在在线帮助获得更多信息。

要编辑电感（Inductance）的值，请在 Inductance 行双击 Value 栏。您也可在 Unit 栏中选择不同的单位。但在我们的例子中，您只需保持缺省设置单位。

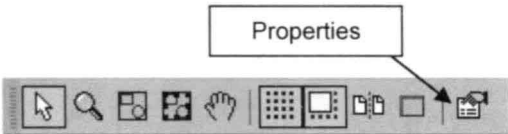
依次选择各个元件，按下表中的数值设置相应元件：

元件名	值
L1	1.6 nH
L2	44 nH
C1	35 pF
C2	1.2 pF

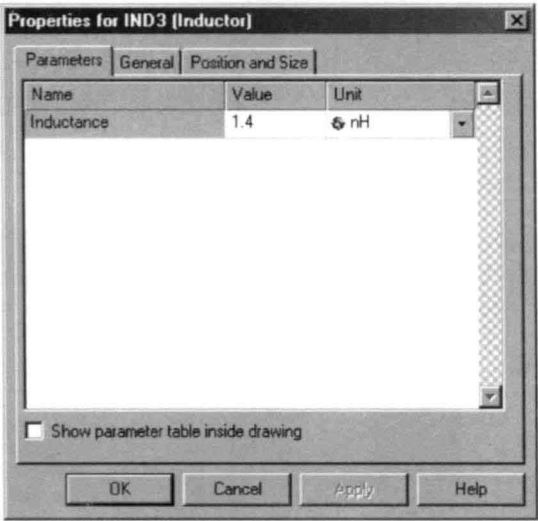
现在，您的模型应该和下图所示的相似。请确保所有的值都已正确设置。



还有其他的方法改变元件的属性，您可以选择相应元件，通过选择菜单条上的 *Edit⇨Properties* 命令打开元件属性对话框，您同样可以使用设计视图或者是导航树中的右键菜单。另外，点击 View Tools 工具条上的 Properties 按钮（如下图所标注的）或者在设计视图中双击元件都可以访问元件属性对话框



现在打开最左边电感的元件属性对话框，该对话框包括多个属性标签页，这会根据所选元件类型而有所不同。特别地，仿真项目元件存在一些重要的差异，接下来的章节中我们将详细讲述。



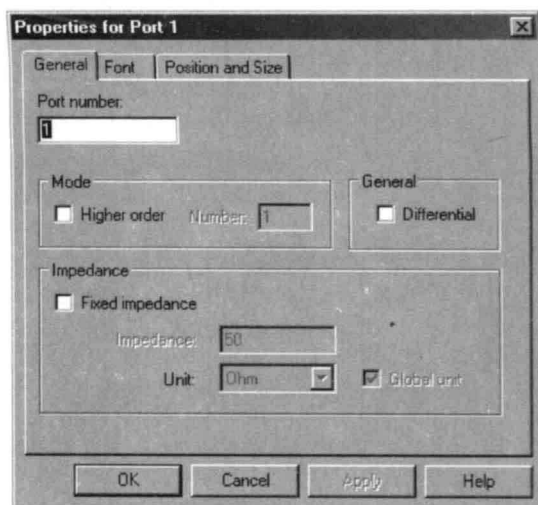
参数化元件的缺省页即为参数（Parameters）标签页。它包含了参数列表，该参数列表控制窗口中也有显示。另外，可以通过 Show parameter table inside drawing 选项，确定是否在设计视图中显示参数列表。初始时，它没有被选定。

您可以通过点击某一参数以修改其值，如果您输入了无效的值，系统会显示错误信息。另外，您可以为一些参数设置单位。初始时，参数都使用项目中所设置的全局单位。（这我们将在后面讨论）。只有在点击 Apply 按钮或者 OK 按钮后才会保存对参数的修改。

改变外部端口的属性

要修改外部端口的属性，请选中相应外部端口，从菜单条或者在设计视图区双击外部端口，打开相应的属性对话框。该对话框和前面章节说明的元件属性对话框非常相似。

端口属性对话框包含三个标签页面：常规（General）、字体（Font）和位置与大小（Position and Size）。其中，Font 标签页面和 Position and Size 标签页和上述的元件属性对话框中的相应条目是相同的。

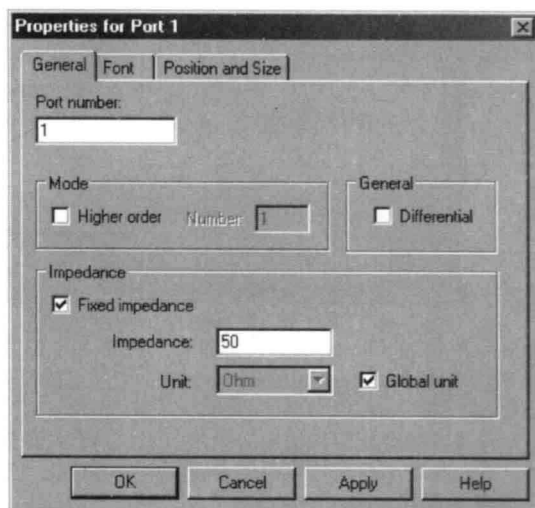


General 标签页面显示可供修改的端口数，注意，只有整数才是有效的。另外还有三栏内容：

- Port number 栏内可以给外部端口标上模式号。如果您选中 Higher order mode 选项，外部端口的名字可扩展成 p(n)，p 表示端口号，n 可在 Number 栏中指定。
- 阻抗特性是外部端口重要的属性。可在 Impedance 栏内设置相应的阻抗。Fix impedance 选项未被选中时（这也是缺省设置），阻抗将按照其所属元件的特定阻抗设置。但是，某些元件没有阻抗特性（比如电感或电容等电路元件）。这种情况下，需要手动设置阻抗。如果没有设定，外部端口的阻抗将自动设置成 50 Ω 的缺省值，并且信息窗口会显示相应消息。如果选中 Fixed impedance 选项，并输入与其所属元件不同的值，元件的 S 参量将会被自动重归一（Renormalization）。
- 缺省情况下，共地（通常不需要特别定义，但也可以是无穷远处的一点。）表示外部端口的参考点。在电路仿真中，您可能需要参考电路中的某一点，定义一个差动端口。为此，请在 General 栏中选取 Differential 属性。外部端口将会被扩展出一个引脚，（如右边图中所示），您可以将参考点与其相连接。



让我们回到我们带通滤波器的设计。由于输入和输出阻抗都必须设为 $Z_0 = 50 \Omega$ ，我们勾选中 Fixed Impedance 选项，保持 Impedance 栏缺省设置 50 欧，如下图所示。



进行仿真

本章将说明怎样获得您感兴趣的结果，因此，我们将讲述全局设置，并且定义仿真项目（simulation task）。