
Multisim 11 教学版

使用说明书

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 目 录 | 1 |
| 第一章 前 言 | 3 |
| 1.1 关于本手册 | 3 |
| 1.2 Multisim 11 简介 | 3 |
| 第二章 安 装 | 6 |
| 第三章 界面 | 7 |
| 3.1 Multisim11 界面 | 7 |
| 3.2 定制 Multisim11 界面 | 9 |
| 第四章 元 件 | 15 |
| 4.1 关于本章 | 15 |
| 4.2 元件工具栏 | 15 |
| 4.3 操作元件 | 16 |
| 4.4 元件连线 | 24 |
| 第五章 仪 表 | 25 |
| 5.1 数字万用表 | 26 |
| 5.2 信号发生器 | 27 |
| 5.3 示波器 | 28 |
| 5.4 波特图仪 | 31 |
| 5.5 IV 分析仪 | 33 |
| 5.6 测量探针 | 35 |

| | |
|-----------------------|----|
| 第六章 分析方法 | 36 |
| 6.1 分析方法简介 | 36 |
| 6.2 静态工作点分析 | 39 |
| 6.3 交流分析 | 42 |
| 6.4 瞬态分析 | 44 |
| 6.5 直流扫描分析 | 47 |
| 6.6 参数扫描分析 | 48 |
| 6.7 传递函数分析 | 52 |
| 第七章 模拟电路仿真方法及步骤 | 55 |
| 7.1 关于本章 | 55 |
| 7.2 建立电路 | 55 |
| 7.3 仿真测量电路 | 61 |
| 7.4 分析电路 | 71 |

第一章 前言

1.1 关于本手册

本手册针对进行一般模拟电路仿真的 Multisim11 用户，概括了 Multisim11 单机教学版的安装和主要功能，指导读者逐步地建立一个基本电路，并进行仿真、分析。本手册所描述的大多数功能，各种版本的 Multisim11 都具备。

本手册假定读者已经熟悉了 Windows 应用，例如，选择菜单命令、用鼠标选择条目以及选中或去选一个选项等。

两个常用名词定义：

点击：单击鼠标左键；

右击：单击鼠标右键。

1.2 Multisim 11 简介

随着电子技术和计算机技术的发展，以电子电路计算机辅助设计（Computer Aided Design, 简称 CAD）为基础的电子设计自动化（Electronic Design Automation, 简称 EDA）技术已成为电子学领域的重要学科。Multisim 是基于 PC 平台的电子设计软件，是 Electronics Workbench（简称 EWB）电路设计软件的升级版本。EWB 软件（参阅童诗白、华成英主编的《模拟电子技术基础（第三版）》附录 C）是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于八十年代末、九十年代初推出的用于电子电路仿真的虚拟电子工作台软件，国内常见版本为 4.0d 和 5.0。从 2001 年开始，EWB 的仿真设计模块被更名为 Multisim。

Multisim 具有以下特点：

1. 系统高度集成，界面直观，操作方便。

将电路原理图的创建、电路的仿真分析和分析结果的输出都集成在一起。采用直观的图形界面创建电路：在计算机屏幕上模仿真实实验室的工作台，绘制电路图需要的元器件、电路仿真需要的测试仪器均可直接从屏幕上选取。操作方法简单易学。

2. 支持模拟电路、数字电路以及模拟/数字混合电路的设计仿真。

既可以分别对模拟电子系统和数字电子系统进行仿真，也可以对数字电路和模拟电路混合在一起的电子系统进行仿真分析。

3. 电路分析手段完备

除了可以用多种常用测试仪表（如示波器、数字万用表、波特图仪等）对电路进行测试以外，还提供多种电路分析方法，包括静态工作点分析、瞬态分析、傅里叶分析等。

4. 提供多种输入输出接口

可以输入由 Pspice 等其它电路仿真软件所创建的 Spice 网表文件，并自动形成相应的电路原理图，也可以把 Multisim 环境下创建的电路原理图文件输出给 Protel 等常见的印刷电路软件 PCB 进行印刷电路设计。

Multisim 现有常用版本为 Multisim10 至 Multisim14。本手册介绍的 Multisim11 是一个完整的设计工具系统，提供了一个强大的元件数据库，并提供原理图输入接口、全部的数模 Spice 仿真功能、VHDL 和 Verilog 设计接口与仿真功能、FPGA 和 CPLD 综合、RF 设计能力和后处理功能，还可以进行从原理图到 PCB 布线工具包的无缝隙数据传输。

第二章到第八章分别介绍 Multisim11 软件的安装、界面、元件、仪表、分

析方法以及模拟电路仿真步骤和样例。

第二章 安 装

本章介绍如何安装 Multisim11。

安装 Multisim11 需要经过两个阶段，主要包括两个步骤：

- 安装软件：运行 Multisim11 安装文件中的 setup.exe 文件，输入序列号，选择安装路径，重启计算机。
- 激活软件：在开始菜单栏内打开 multisim11，进入激活向导窗口选择激活方式，输入序列号，填写注册信息，完成软件激活。

安装 Multisim11 的详细步骤请参见网络学堂上载的《Multisim11 安装说明》。

第三章 界面

3.1 Multisim11 界面

Multisim11 用户界面如图 3.1 所示。

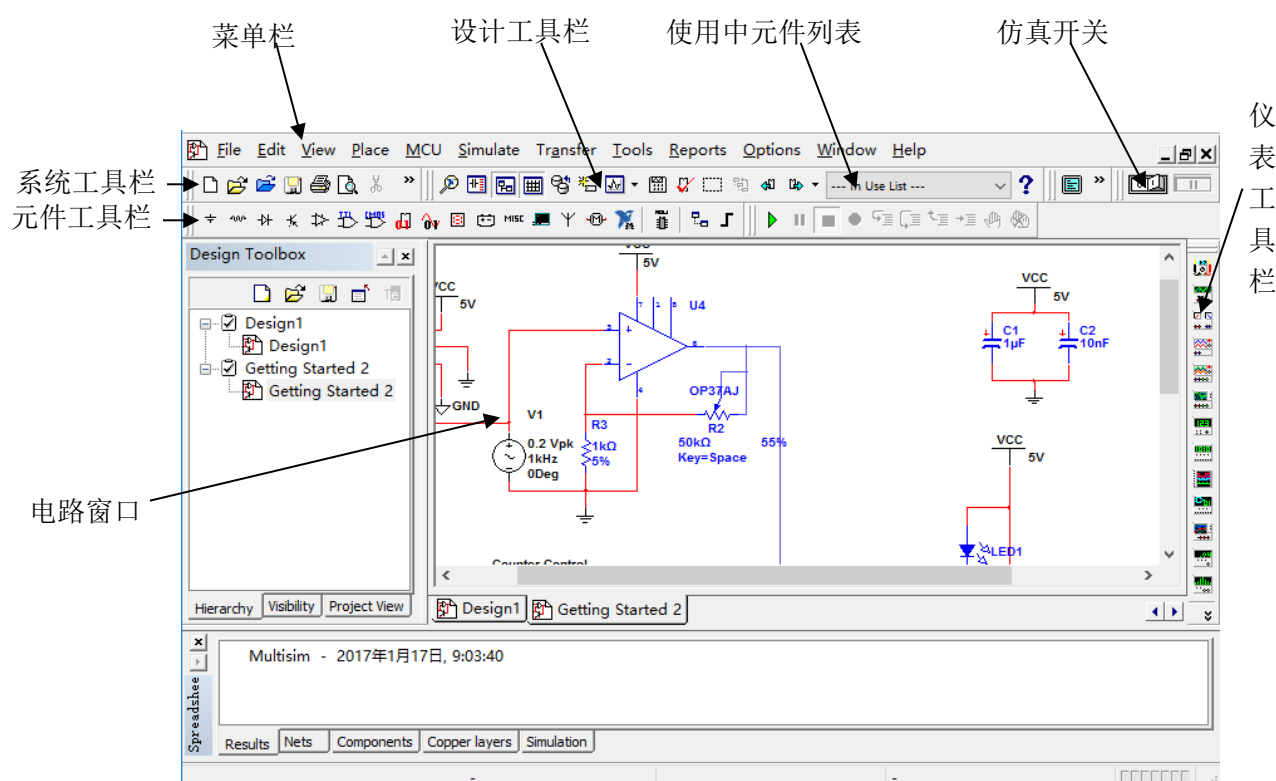
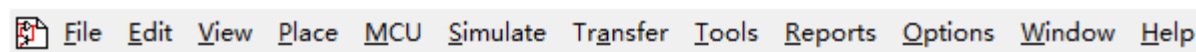


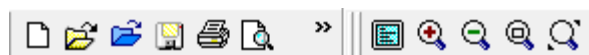
图 3.1 Multisim11 用户界面

Multisim11 的用户界面主要包括以下几个部分：

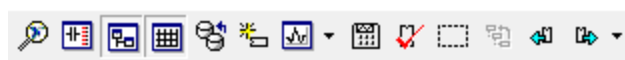
1. 菜单栏：与所有的 Windows 应用程序类似，可在菜单中找到所有功能的命令。
















2. 系统工具栏：与所有的 Windows 应用程序类似，包括文件操作、编辑、打印、缩放等按钮。



3. 设计工具栏：设计工具栏是 Multisim11 的核心部分，指导用户按部就班地进行电路的建立、仿真、分析并最终输出设计数据。虽然菜单中可以执行设计功能，但使用设计工具栏可以更加方便地进行电路设计。



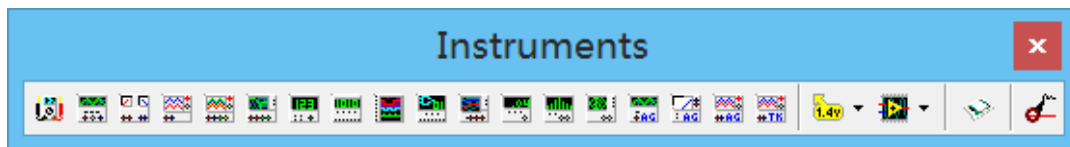
设计工具栏中各项说明如下：

| | |
|---|---|
|  | 查找例子按钮 (Find Examples) 浏览和搜索安装好的电路文件例子。 |
|  | 显示/隐藏网表浏览器按钮 (Show/Hide Netlist Viewer)。 |
|  | 显示/隐藏设计工具按钮 (Show/Hide Design Toolbox)。 |
|  | 显示/隐藏电路元件属性视窗 (Show/Hide Spreadsheet View)。 |
|  | 数据库管理按钮 (Database management) 对元件数据库进行管理。 |
|  | 产生元器件按钮 (Create Component) 启动元器件生成向导。 |
|  | 分析按钮 (Analysis) 用以选择要进行的分析。 |
|  | 后处理器按钮 (Postprocessor) 用以进行对仿真结果的进一步操作。 |
|  | 电器规则检查按钮 (Electrical Rules Checking)。 |
|  | 捕捉屏幕区域按钮 (Capture Screen Area)。 |
|  | 回到父层按钮 (Go to Parent Sheet) 显示分层设计中的顶层内容。 |
|  | 反向注释按钮 (Back Annotate) 由 Ultiboard 到 Multisim 设计文件。 |
|  | 前向注释按钮 (Forward Annotate) 将 Multisim 设计文件中做出的修改并入相应的 Ultiboard PCB 设计文件中。 |

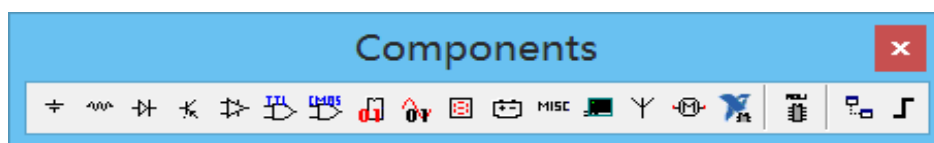
4. 仪表工具栏 (Instruments)：在界面的最右边按列排放，包括 22 种虚拟仪器仪表，其中大多数为具有基本功能的原理性仪器仪表，但也有安捷伦公司生产的万用表、示波器、函数发生器以及和泰克公司生产的示波器等实际电子仪器。

在模拟电路测试中，常用的仪器仪表有数字万用表、信号发生器、示波器、

波特图仪等。



5. 元件工具栏 (Component): 在界面的最左边按列排放, 分为实际元件库 (Component) 和虚拟元件库 (Virtual Toolbar)。



6. 使用中元件列表 (In Use List): 用下拉菜单列出当前电路窗口正在使用的元件列表。

7. 电路窗口: 进行电路原理图编辑的窗口。

8. 仿真开关: 在屏幕右上角, 是启动/停止/暂停电路仿真的开关。

3.2 定制 Multisim11 界面

用户可以定制 Multisim11 界面的各个方面, 包括工具栏、电路颜色、页面尺寸、聚焦倍数、自动存储时间、符号系统 (ANSI 或 DIN) 和打印设置等。定制设置与电路文件一起保存, 所以可以将不同的电路定制成不同的风格。

3.2.1 控制当前显示方式

当未选中元器件并右击电路窗口时, 选择弹出式菜单中的选项, 可以控制当前电路和元件的放置和显示方式。具体如下:

- **Place Component:** 放置元件。
- **Place on Schematic:** 放置元件、节点、连接头、连线、总线等。
- **Place Graphic:** 添加文本、图形。
- **Place Comment:** 添加注释。
- **Paste Special:** 对电路中要粘贴的内容进行特殊处理。
- **Properties:** 控制当前电路和元件的显示方式以及相关元素的细节情况，参见 3.2.2 节中的 **Sheet Properties** 选项。

3.2.2 设置缺省的用户喜好

可根据“用户喜好”进行缺省设置，新建电路便可使用缺省设置。

选择菜单命令 **Options/Sheet Properties** 和 **Options/Global Preference** 进行缺省设置，出现用户喜好对话框，如图 3.2 所示，**Sheet Properties** 区块的设置与右击电路窗口时的弹出式菜单中的 **Properties** 设置完全一样。**Sheet Properties** 对话框和 **Global Preferences** 对话框包含多个缺省设置，下面介绍电路原理图编辑常用的 4 项：电路(**Circuit**)、工作区 (**Workspace**)、连线 (**Wiring**)、元件 (**Parts**)。

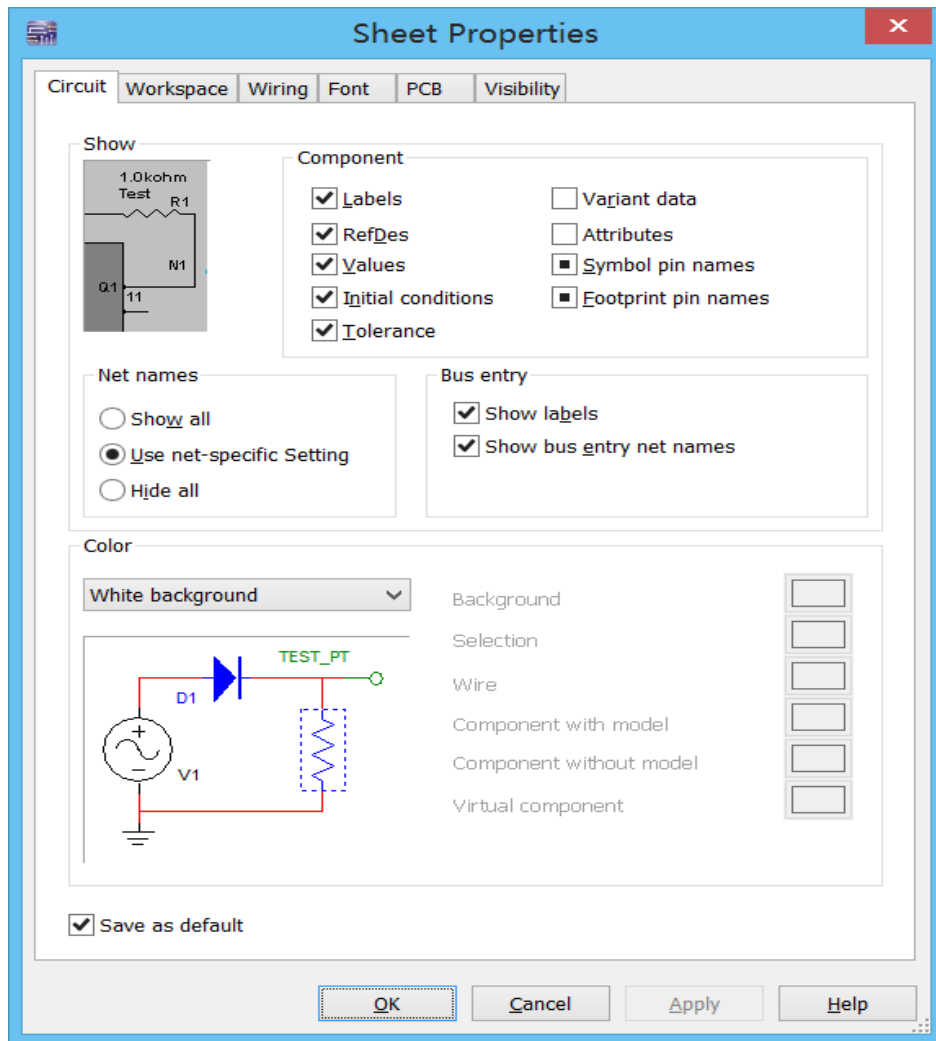


图 3.2 Circuit 页

Sheet Properties 对话框中的 Circuit 页包含的选项用来选择电路中要显示的识别信息。在 Circuit 页主要包括 Show 区块和 Color 区块，如图 3.2 所示。Show 区块选项用来选择元件、节点及连线上所要显示的说明文字，其中包括元件标号(component labels)、元件序号(component reference IDs)、节点号(node name)、元件值(component value)和元件属性(component attribute)，选项的生效效果可在左侧预览区看到。Net names 选框设置连线名称，Bus entry 选框设置总线名称，Color 区块用于设置电路窗口元器件和背景的颜色。

Sheet Properties 对话框中的 Workspace 页包括 Show 区块和 Sheet size 区块，

如图 3.3 所示。Show 区块的设置与菜单 View(参见 3.1 节 1. 菜单栏)中的 show 命令一致，Show Grid 显示/隐藏格点，Page Bounds 显示/隐藏页面边界，Show Border 显示/隐藏电路窗口边界。Sheet size 区块可以设置电路窗口纸张的大小和方向。

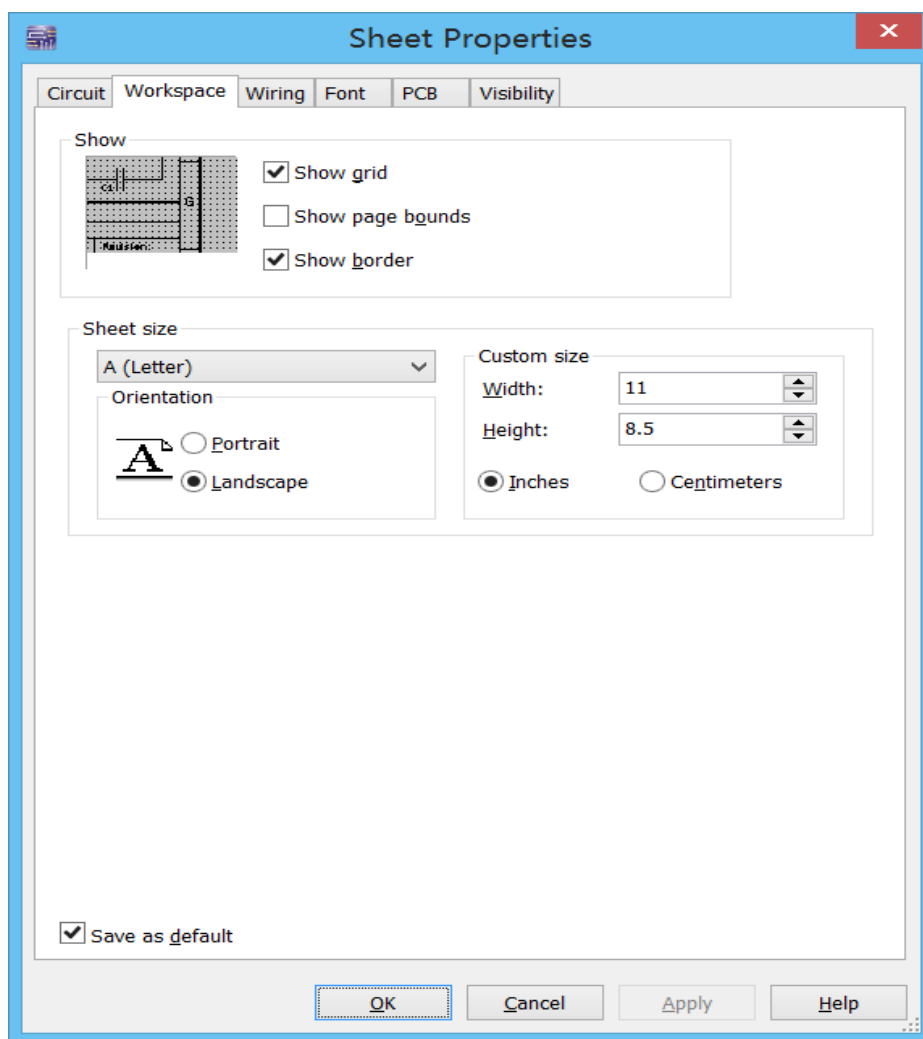


图 3.3 Workspace 页

Wiring 页的功能是设定连线的方式，包括 Wire width 区块和 Bus width 区块，如图 3.4 所示。Wire width 区块用于设定连线线宽；Bus width 区块用于设定总线线宽。

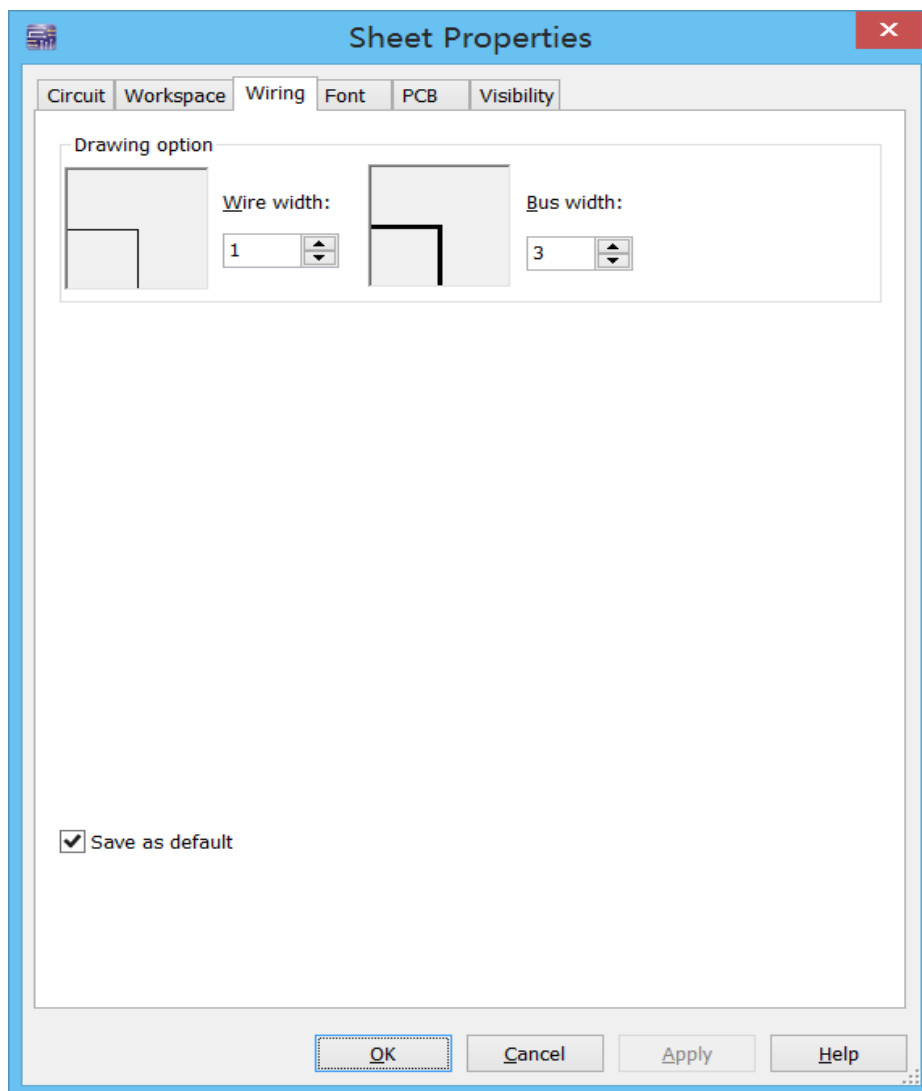


图 3.4 Wiring 页

Global Preferences 对话框中的 Parts 页包括 Place component mode 区块和 Symbol standard 区块，如图 3.5 所示。Place component mode 区块的功能是设定放置元件的方式，Place single component 选项设定每次只放置一个元件，其它两个选项设定可以连续放置多个同样的元件。Symbol standard 区块的功能是设定所采用的元件标准，其中的 ANSI 选项设定采用美国标准，而 DIN 选项设定采用欧洲标准。

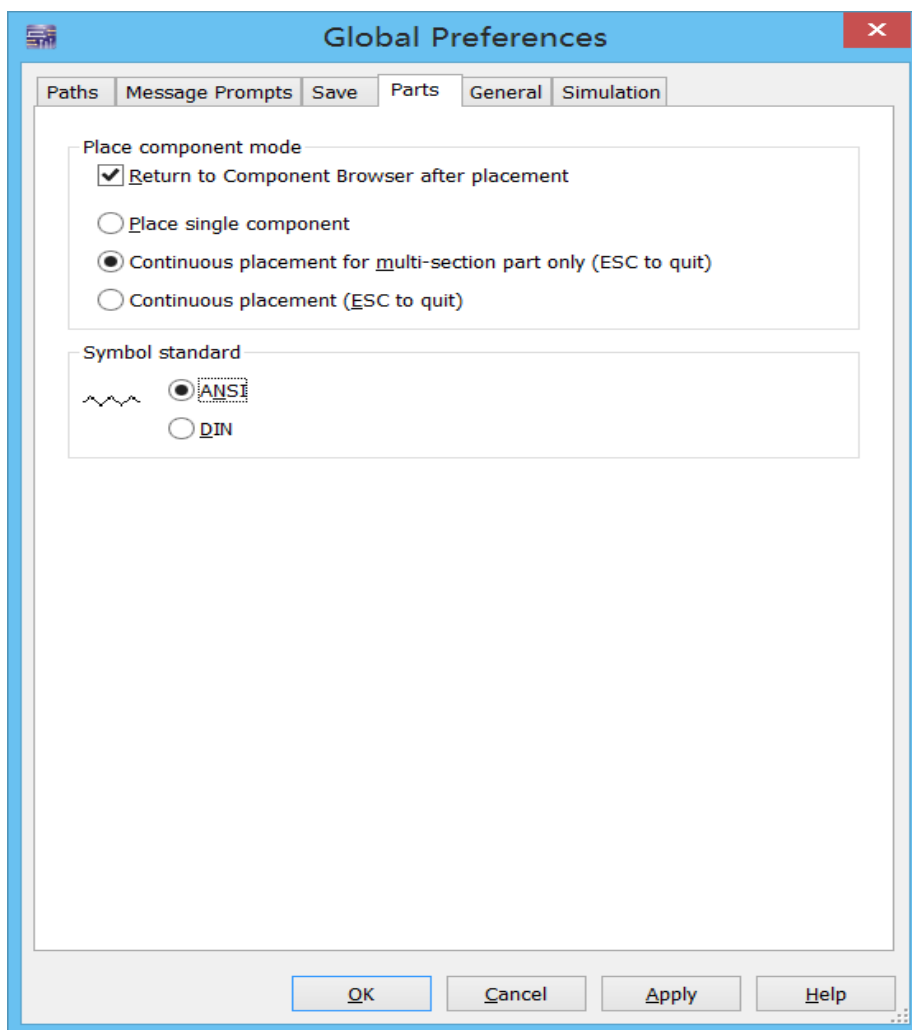


图 3.5 Parts 页

3.2.3 定制工具栏

用鼠标右键点击任意一个工具栏，在弹出式菜单中均可选择显示或隐藏各个工具栏，也可通过 **View** 菜单来实现。对界面中的任意一个工具栏（包括仿真开关，也可理解为“电源开关”）都可以通过鼠标左键来拖动。这些更改对目前所有的电路都有效。下一次打开电路时，被显示或移动的工具栏将保持。

第四章 元 件

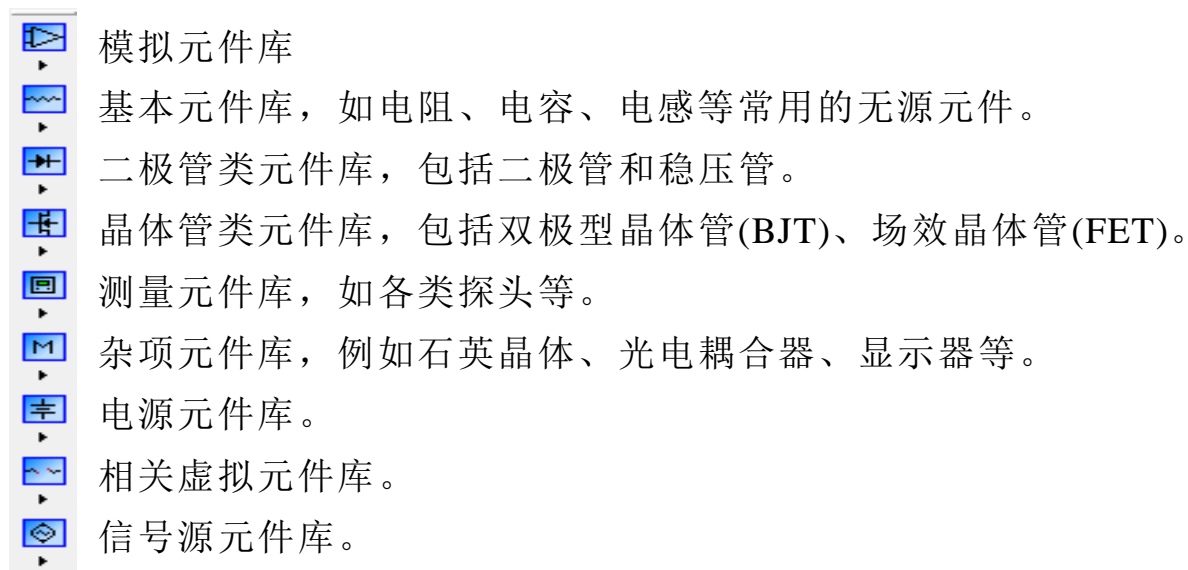
4.1 关于本章

本章将详细介绍元件工具栏、如何操作元件、如何为元件连线。




















4.2 元件工具栏

用户界面的元件工具栏分为实际元件栏(Component)和虚拟元件栏(Virtual Toolbar)。实际元件栏颜色为所设定的界面底色，其中的元件是有封装的真实元件，参数是确定的，不可改变。虚拟元件栏为蓝色，其中元件的参数可随意修改。

虚拟元件工具栏包括 9 项，具体如下：



实际元件工具栏包括 13 个元件库，具体如下：

| | |
|---|-----------------------------------|
|  | 电源/信号源类元件库。 |
|  | 基本元件库，如电阻、电容、电感等常用的无源元件。 |
|  | 二极管类元件库，包括各种二极管、稳压管及桥式整流器等。 |
|  | 晶体管类元件库，包括双极型晶体管(BJT)、场效晶体管(FET)。 |
|  | 模拟 IC 元件库，例如运算放大器、电压比较器等。 |
|  | TTL 数字 IC 元件库，即 74 系列 IC。 |
|  | CMOS 数字 IC 元件库，即 40 系列 IC。 |
|  | 其它数字 IC 元件库，例如内存、VHDL 器件等。 |
|  | 混合模式 IC 元件库，例如 555、AD/DA 转换器等。 |
|  | 指示器类元件库，如 LED、七段显示器等。 |
|  | 功率元件库。 |
|  | 杂项元件库，例如石英晶体、真空管等。 |
|  | 高级设备元件库。 |
|  | 22 射频元件库，例如高频晶体管、MOS 管等。 |
|  | 机电元件库，例如开关、变压器等。 |
|  | NI 元件库。 |
|  | MCU 元件库。 |
|  | 层次模块元件库。 |
|  | 总线。 |

其中模拟电路常用库为电源/信号源元件库、基本元件库、二极管类元件库、晶体管类元件库、模拟 IC 元件库。

4.3 操作元件

4.3.1 取用实际元件

点击所要取用元件所属的实际元件库，即可拉出该元件库。以 NPN 型晶体管为例，点击实际晶体管类元件库，出现图 4.1 所示的对话框。

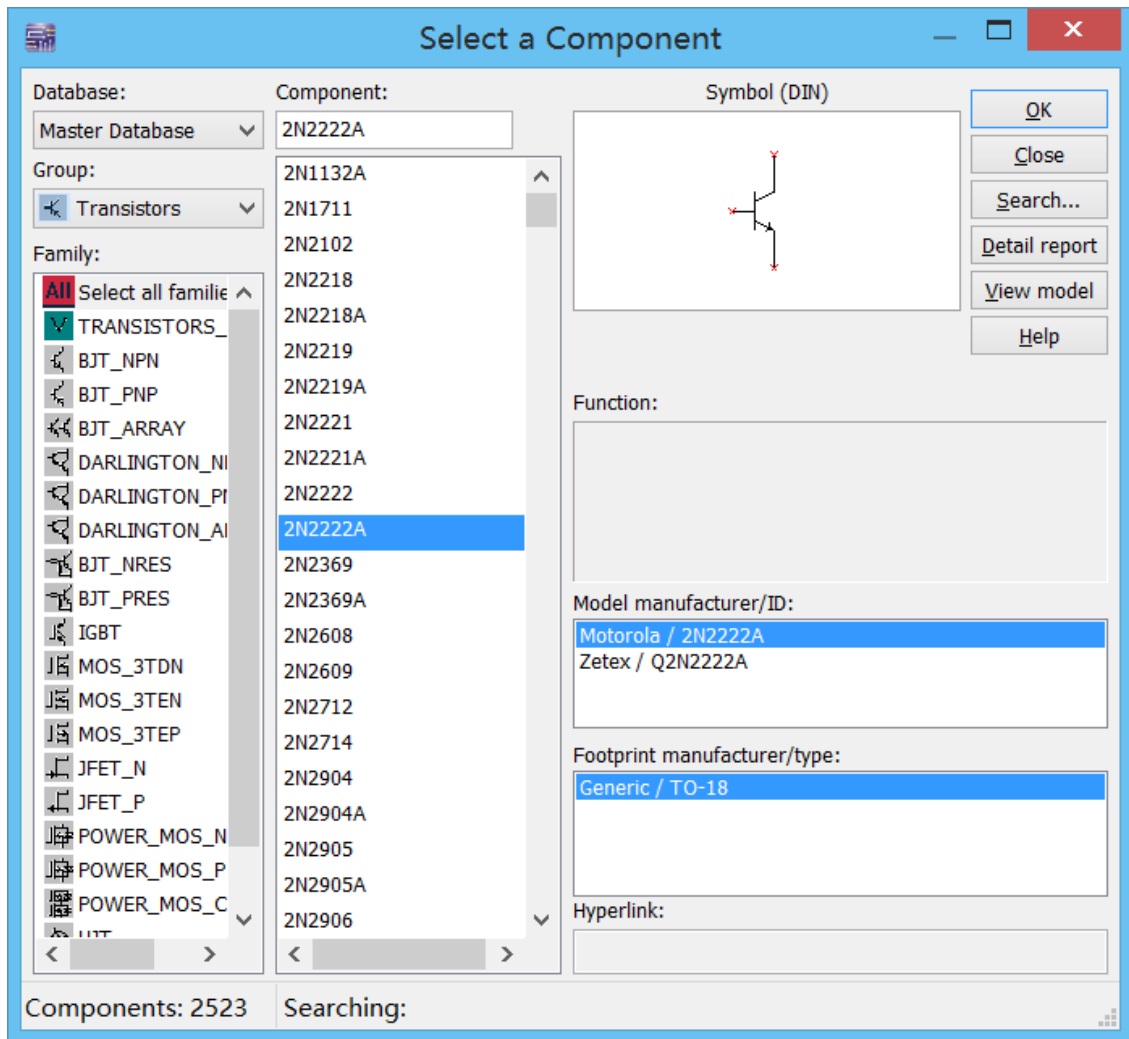


图 4.1 实际晶体管类元件库对话框

点击左边 Family 区块内的 NPN 型晶体管 BJT_NPN，中间的 Component 区块相应列出实际 NPN 型晶体管型号和被选中的晶体管型号，选择所需要的晶体管型号，在 Model Manuf.\ID 区块相应显示出被选中的晶体管制造商代号。点击右边的 Model 按钮可以显示被选中的晶体管模型参数，点击 Search 按钮可以搜索所需晶体管。

点击 OK 按钮完成元件选择，此时元件即被选出，电路窗口中出现浮动的元件，将该元件拖至合适的位置，点击鼠标左键放置元件。注意，如果选择的是包含多个相同单元的模拟 IC 元件(如 LM324)或者数字 IC 元件(如 74LS00)，

则在元件出现前还需要选择元件单元。

4.3.2 取用虚拟元件

虚拟元件的元件参数值、元件编号等可由使用者自行定义。点击所要取用元件所属的虚拟元件库，即可拉出该元件库。以电阻为例，点击虚拟基本元件库即可拉出该元件库，如图 4.2 所示，选择右上角的虚拟电阻，即可出现浮动的元件，将该元件拖至合适的位置，点击鼠标左键放置元件。该元件的元件值或元件编号可由用户随时更改。

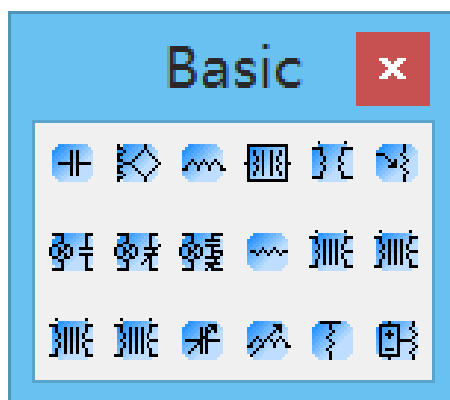


图 4.2 基本元件库

4.3.3 设置元件属性

每个被取用的元件都有缺省的属性，包括元件标号、元件参数值及管脚、显示方式和故障，这些属性可以被重新设置。对于实际元件，用户可以设置元件标号、显示方式和故障，有些实际元件还可以设置元件参数值，但不能设置管脚，如晶体管；而有些实际元件如电阻、电容、电感等则不能重新设置元件参数值及管脚。对于虚拟元件，用户可以随意设置元件标号、元件参数值及管脚、显示方式和故障。

以虚拟电阻为例，双击被选中的虚拟电阻，出现图 4.3 所示对话框，其中包括七页：Label 页、Display 页、Value 页、Fault 页、Pins 页、Variant 页、User fields 页。下面介绍虚拟电阻属性编辑常用的 4 项：Value、Label、。

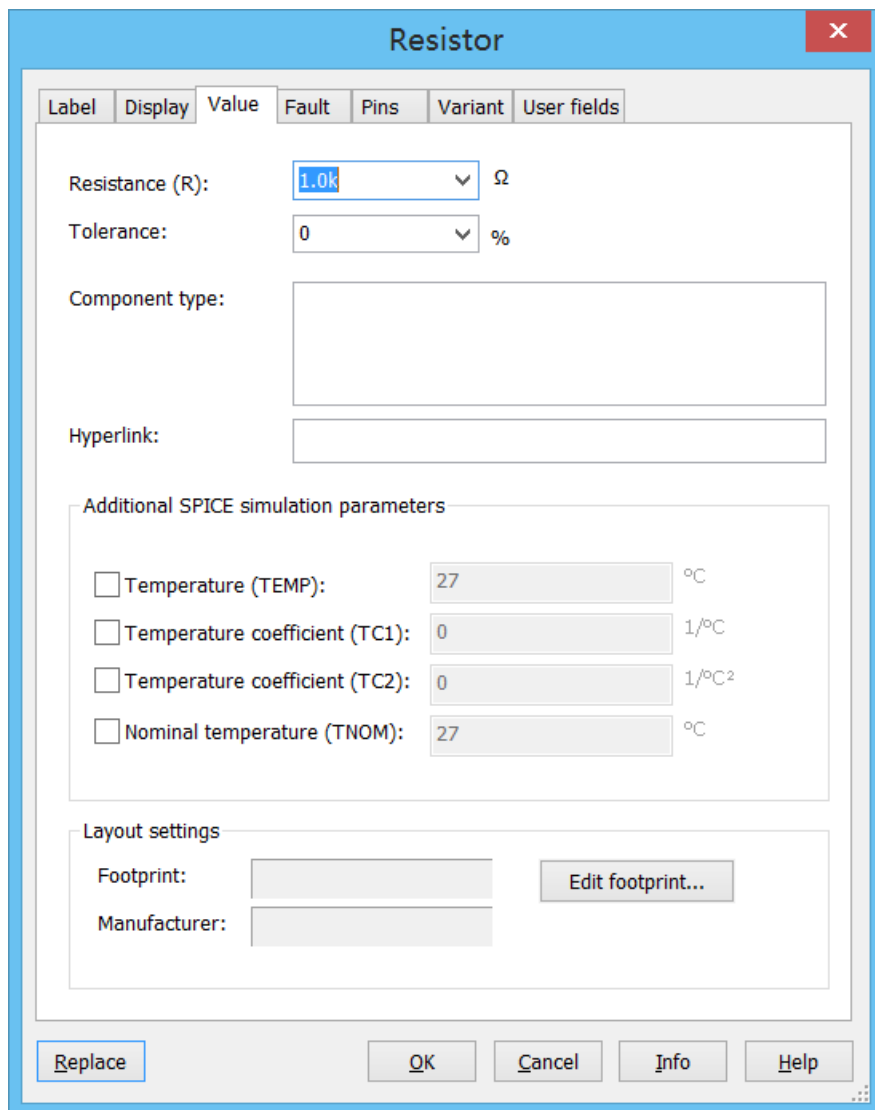
The image shows a software dialog box titled "Resistor" with a blue header bar and a red close button. It contains seven tabs: "Label", "Display", "Value", "Fault", "Pins", "Variant", and "User fields". The "Value" tab is currently selected. Inside this tab, there are several input fields: "Resistance (R):" with a dropdown menu showing "1.0k" and a unit selector set to "Ω"; "Tolerance:" with a dropdown menu showing "0" and a unit selector set to "%"; "Component type:" with a large empty text box; and "Hyperlink:" with an empty text box. Below these is a section titled "Additional SPICE simulation parameters" containing four checkboxes and corresponding input fields: "Temperature (TEMP):" (27, °C), "Temperature coefficient (TC1):" (0, 1/°C), "Temperature coefficient (TC2):" (0, 1/°C²), and "Nominal temperature (TNOM):" (27, °C). At the bottom of the dialog is a "Layout settings" section with "Footprint:" and "Manufacturer:" text boxes, an "Edit footprint..." button, and a "Replace" button. Standard "OK", "Cancel", "Info", and "Help" buttons are at the very bottom.

图 4.3 虚拟电阻属性对话框

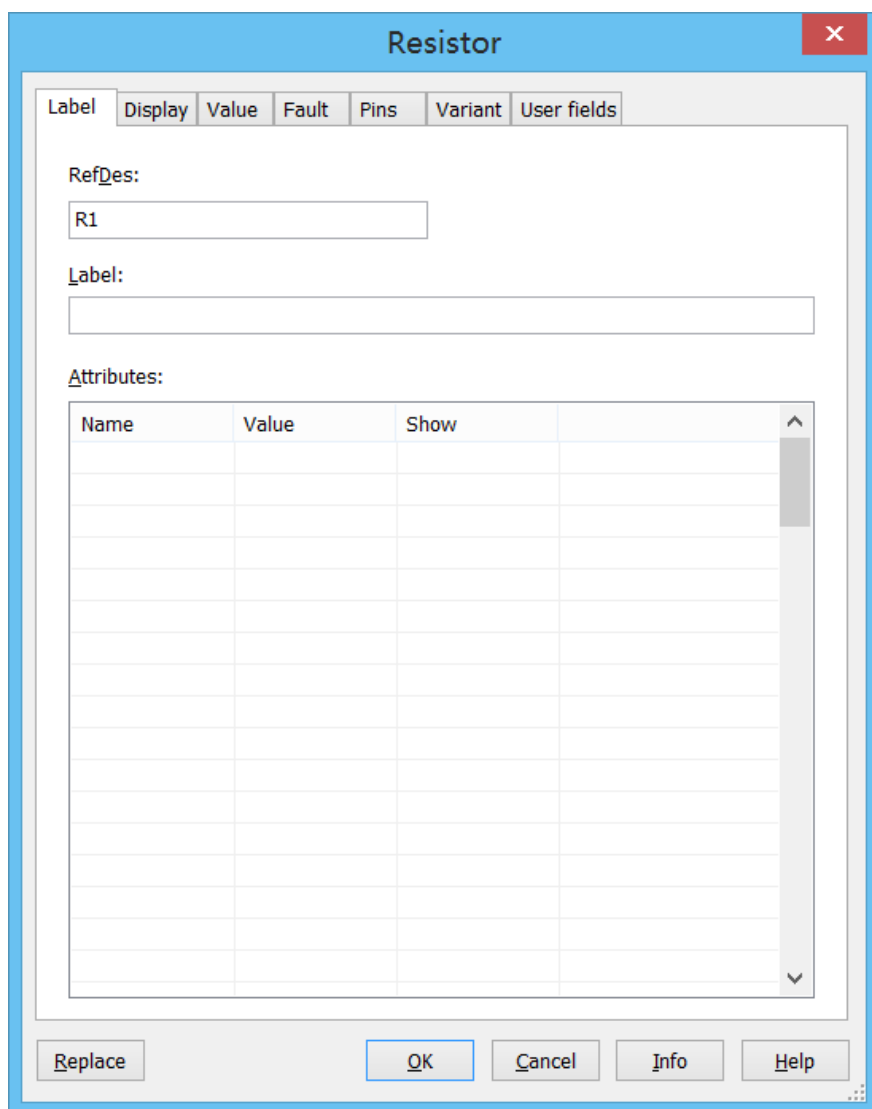
在 Value 页里可以设置元件的参数值，主要包括下列 6 项：

- Resistance：设定电阻值，在其右边字段中可以指定单位。
- Tolerance：设定电阻的误差，误差值为百分比。
- Temperature：设定环境温度，温度值单位为摄氏度。缺省值为 27 摄氏

度。

- Temperature Coefficient 1(TC1): 设定电阻的一次温度系数。
- Temperature Coefficient 2(TC2): 设定电阻的二次温度系数。
- Nominal Temperature (TNOM): 设定参考的环境温度, 缺省值为 27℃。

图 4.4 所示为 Label 页, 可以设置元件序号和标号。其中 RefDes 项设定该电阻的元件序号, 元件序号是元件唯一的识别码, 必须设置 (由用户或者程序自动设置), 且不可重复。Label 项设定该电阻的标号, 可以不设置。Attributes 区块可以设定元件属性如名称等, 一般可以不设置。



The image shows a software dialog box titled "Resistor" with a blue header bar and a red close button. It contains several tabs: "Label", "Display", "Value", "Fault", "Pins", "Variant", and "User fields". The "Label" tab is selected. Inside the dialog, there are three main sections: "RefDes:" with a text input field containing "R1"; "Label:" with an empty text input field; and "Attributes:" which is a table with four columns: "Name", "Value", "Show", and an empty column. The table has 15 rows. At the bottom of the dialog are five buttons: "Replace", "OK", "Cancel", "Info", and "Help".

| Name | Value | Show | |
|------|-------|------|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

图 4.4 Label 页

图 4.5 所示为 Display 页，可以设置元件显示方式，其中包括 4 个选项：

Use Schematic Option global setting：设定采用整体的显示设置，如果选取本选项，则不可单独设置此元件的显示方式，否则可以单独设置此元件的显示方式。元件的显示方式包括以下复选项：

- Show labels：设定显示元件的标号。
- Show values：设定显示元件的元件值。
- Show initial condition：设定显示电路初始条件。
- Show tolerance：设定显示元件的容差值。
- Show RefDes：设定显示元件的序号。
- Show Attributes：设定显示元件属性。
- Show footprint pin names：设定显示封装引脚名称。
- Show symbol pin names：设定显示符号引脚名称。
- Show variant：设定显示变量。

Use symbol pin name font global setting：采用符号引脚名称字体整体设定

Use footprint pin name font global setting：采用封装引脚名称字体整体设定

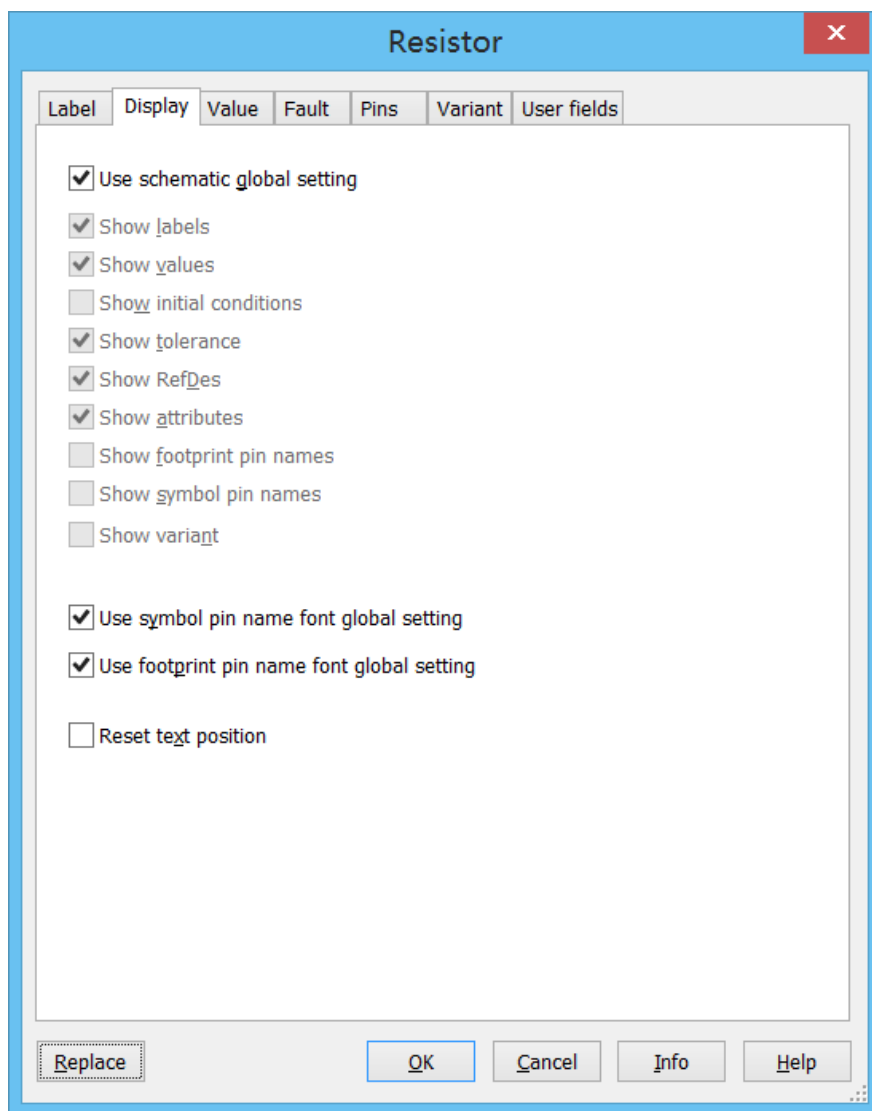


图 4.5 显示页

图 4.6 所示为 Fault 页，可以设置元件故障方式，其中包括四个选项：

- None：设定元件不会有故障发生；
- Open：设定元件两端发生开路故障；
- Short：设定元件两端发生短路故障；
- Leakage：设定元件两端发生漏电流故障，漏电流的大小可在其下面的字段中设定。

从以上所述可知，虚拟电阻的属性与实际电阻的属性基本相同。

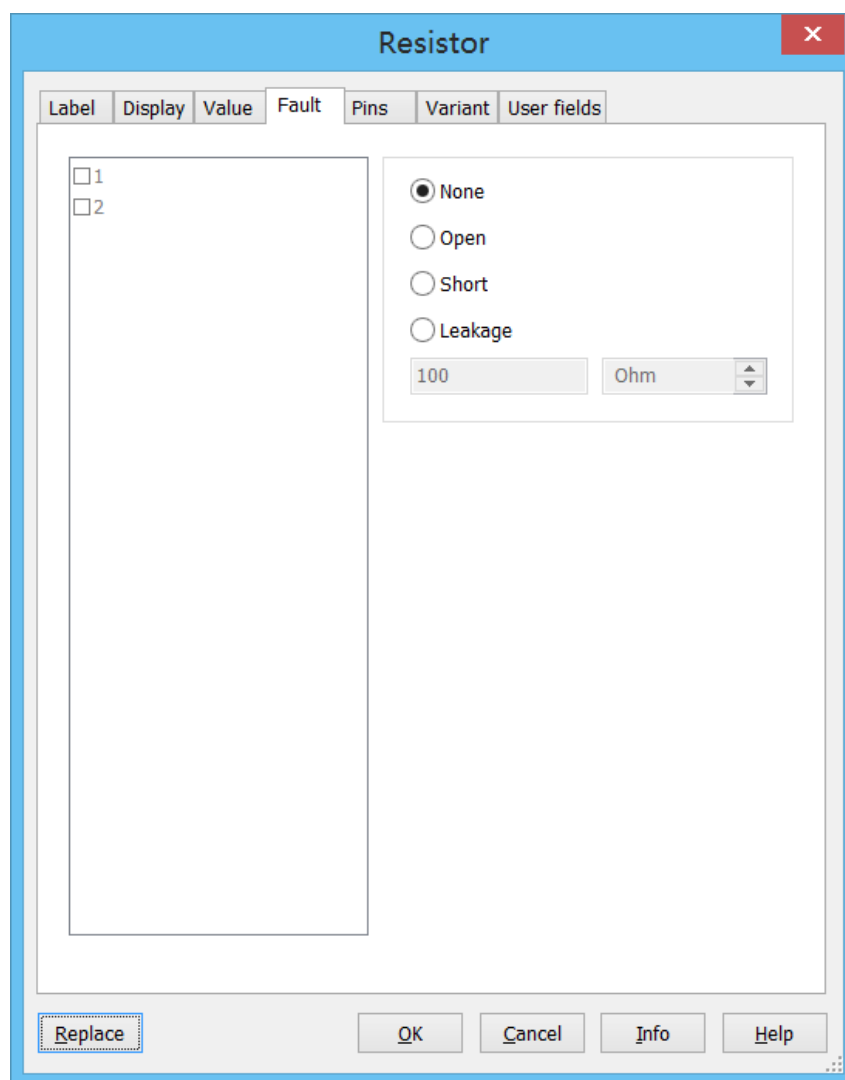


图 4.6 Fault 页

4.3.4 编辑元件

当元件被放置后，还可以任意搬移、删除、剪切、复制、旋转、着色。其中剪切、复制、旋转和着色等操作，可通过右击元件后，在出现的弹出式菜单中选择相应的操作命令实现。搬移元件时，需用鼠标指向所要搬移的元件，按住鼠标左键，拖动鼠标使元件到达合适位置后放开左键即可。删除元件时，需点击所要删除的元件，该元件的四个角落将各出现一个小方块，再按键盘上的 Del 键或者启动菜单命令 Edit/delete 即可删除该元件。

4.4 元件连线

建立电路时元件之间需要连线。指向所要连线的元件管脚，单击鼠标左键，然后将光标移至目的元件管脚，再单击鼠标左键，程序即自动连接这两点之间的走线。

第五章 仪 表

Multisim11 提供一系列虚拟仪器仪表，用户可以使用这些仪器仪表测试电路。像实验室中使用的仪器一样，这些仪器仪表的使用和读数与真实的仪表相同，只不过是用鼠标操作而已。

仪表工具栏在界面最右边按列排放，每一个按钮代表一种仪表，如图 5.1 所示。

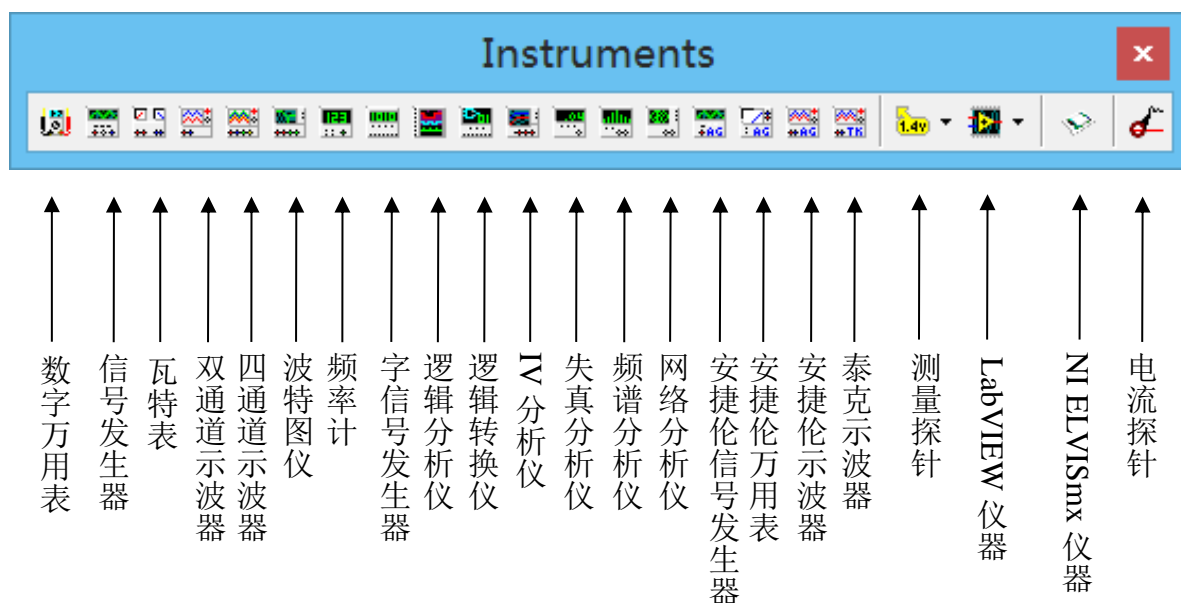


图 5.1 仪表工具栏

虚拟仪表有两种视图：连接于电路的仪表图标；打开的仪表（可以设置仪表的控制和显示选项）。图 5.2 所示为数字万用表的图标(右)和打开的仪表(左)。

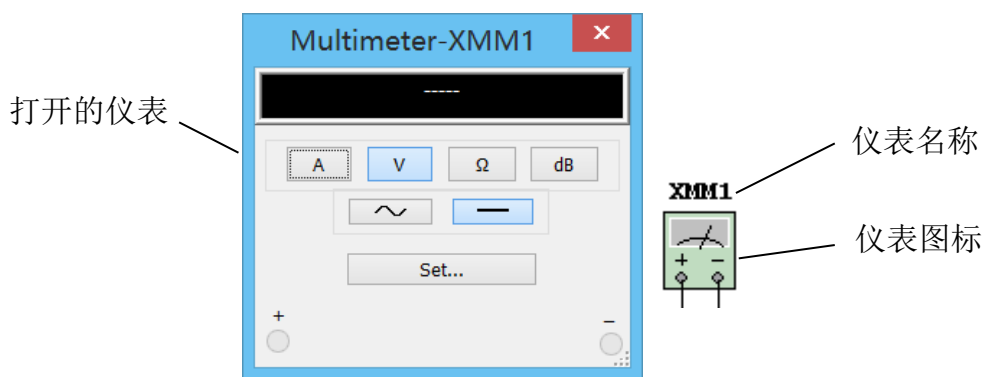







图 5.2 数字万用表的图标和打开的仪表


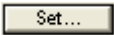
下面介绍模拟电路仿真中常用的仪表，包括数字万用表、信号发生器、双通道示波器、波特图仪、IV 分析仪以及测量探针。

5.1 数字万用表

数字万用表是一种常用且多用途的仪表，可测试电压、电流或电阻等。当启用数字万用表时，可通过启动 **Simulate/Instrument/Multimeter** 命令，或按仪表工具栏中的数字万用表按钮，屏幕将出现如图 5.2 所示的数字万用表图标。其中的+、-两个端子用来连接所要测试的端点，如果是测量电压，则与所要测试的端点并联；如果是测量电流，则与所要测试的端点串联；如果是测量电阻，则与所要测试的端点并联。双击图标即可打开数字万用表，如图 5.2 所示。

其中各项如下说明：

- ：设定为测量电流。
- ：设定为测量电压。
- ：设定为测量电阻。
- ：设定将测量结果用分贝（dB）表示。
- ：设定所测量的电压或电流是交流电，其测量所得的值是有效值。

- : 设定所测量的电压或电流是直流电，其测量所得的值是平均值。
- : 设定数字万用表的电气性能指标（例如测量电流时电表的内阻、测量电阻时电表的电流）和测量值的显示范围。

5.2 信号发生器

信号发生器是提供指定信号的仪器。启动菜单命令 Simulate/Instrument/Function Generator，或按仪表工具栏中的信号发生器按钮，屏幕将出现如图 5.3 右图所示的信号发生器图标。其中三个端子（+、common、—）是用来连接电路的输入端。双击图标即可打开信号发生器，如图 5.3 左图所示。

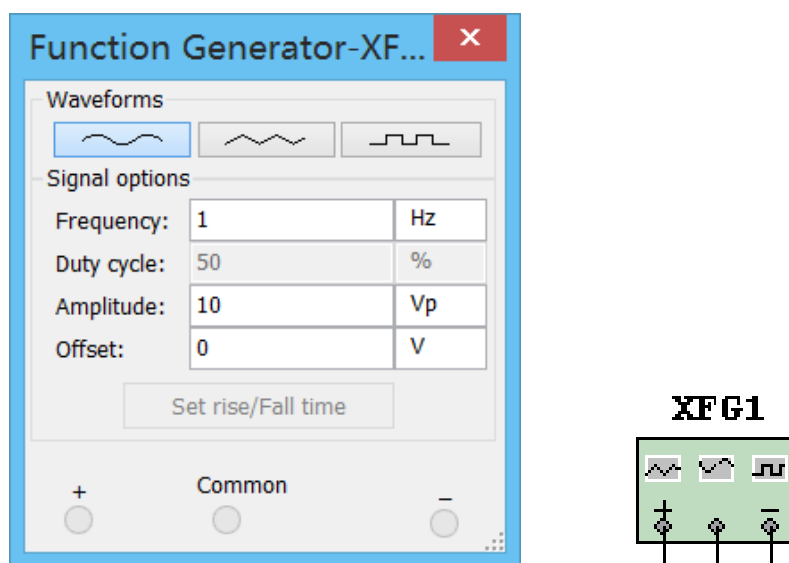





图 5.3 信号发生器的图标和打开的仪表

其中各项如下说明：

- : 设定产生正弦波信号。

- : 设定产生三角波信号。
- : 设定产生方波信号。
- Frequency: 设定所要产生的信号的频率。
- Duty Cycle: 设定所要产生的信号的占空比。本字段只对三角波和方波起作用。
- Amplitude: 设定所要产生的信号的幅度。
- Offset: 设定所要产生的信号的直流偏置电压。

5.3 示波器

示波器是一种测试电子电路不可或缺的主要仪器。Multisim 提供双通道示波器和四通道示波器。现以双通道示波器为例说明示波器的应用。启动菜单命令 Simulate/Instrument/ Oscilloscope，或按仪表工具栏中的双通道示波器按钮，屏幕将出现如图 5.4 右图所示的双通道示波器图标。图标下方的 A、B 两个端子为两个测试通道的输入端，右边的 Ext Trig 端子是连接外部触发的端子。示波器连接电路时，A、B 的正极一个接输入端，一个接输出端，A、B 的负极均接地，Ext Trig 可悬空。双击图标即可打开示波器，如图 5.4 左图所示。

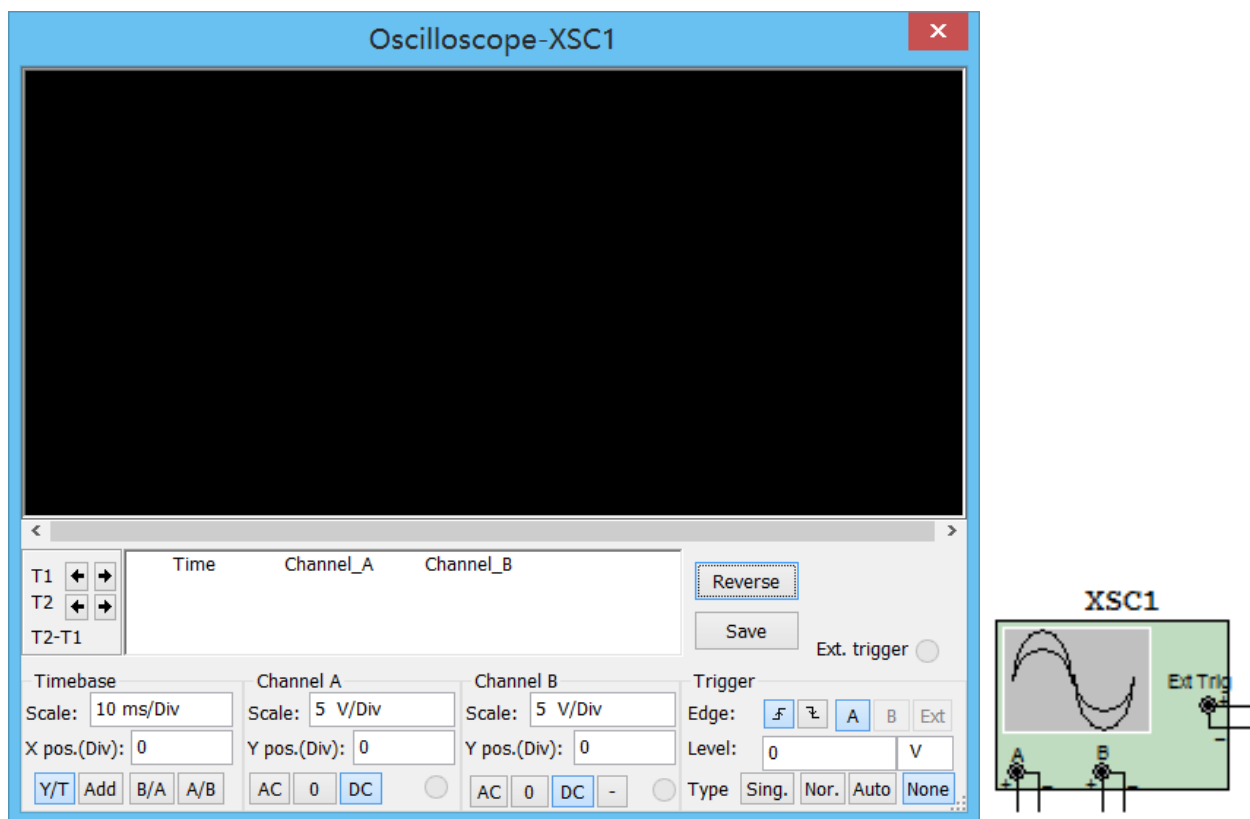


图 5.4 示波器的图标和打开的仪表

其中各项说明如下：

- 光标区块：光标区块在示波器屏幕的下方，为两个测量光标的数据区块，其中的 T1 字段为第一个光标的位置，T2 字段为第二个光标的位置，T2-T1 字段为两光标间距。Time 对应的数据分别为两个光标位置上的时间值以及它们的差值。Channe_A 对应的数据分别为两个光标位置上 A 通道波形的数值以及它们的差值；Channe_B 对应的数据分别为两个光标位置上 B 通道波形的数值以及它们的差值。
- Reverse 按钮：设定显示屏以反色显示。
- Save 按钮：储存测试的数据。
- 扫描时间区块 Timebase：为水平扫描时间的设定区块。
Scale：设定每格所代表的扫描时间。

X position: 设定波形的水平扫描起点位置。

Y/T 按钮: 设定水平扫描为本区块所设定的扫描信号，而垂直扫描信号为所要测量的信号。

Add 按钮: 设定水平扫描为本区块所设定的扫描信号，而垂直扫描信号为 A、B 两个通道输入信号之和。

B/A 按钮: 设定水平扫描信号为 A 通道的输入信号，而垂直扫描信号为 B 通道的输入信号。

A/B 按钮: 设定水平扫描信号为 B 通道的输入信号，而垂直扫描信号为 A 通道的输入信号。

■ **A 通道区块 Channel A:** 为 A 通道信号的显示刻度及位置设定。

Scale: 设定每格所代表的电压大小。

Y position: 设定 A 通道波形的垂直位置。

AC 按钮: 设定交流输入信号耦合方式为电容耦合。

0 按钮: 设定输入端接地（即输入为 0）。

DC 按钮: 设定采集输入信号的直流成分。

■ **B 通道区块 Channel B:** 为 B 通道信号的显示刻度及位置设定，与 A 通道区块功能相同。

■ **触发区块 Trigger:** 为触发设定区块。

Edge: 该选项的两个按钮可以分别设定为上升沿触发或下降沿触发。

Level: 设定触发水平。

Sing.按钮: 设定为单一触发。

Nor.按钮: 设定为一般触发。

Auto 按钮：设定为自动触发。

A 按钮：设定为 A 通道触发。

B 按钮：设定为 B 通道触发。

Ext 按钮：设定为外部触发。

5.4 波特图仪

波特图仪是一种描绘电路频率响应的仪器，由使用者指定某个范围的频率，波特图仪将输出这个范围的扫描频率到受测电路；同时，波特图仪也接收电路输出端的响应信号，以描绘该电路对不同频率的反应。启动菜单命令 Simulate/Instrument/ Bode Plotter，或按仪表工具栏中的波特图仪按钮，屏幕将出现如图 5.5 右图所示的波特图仪图标。图标中有两对端子，左边一对 IN 端子是输入端子，是用来提供电路输入的扫描信号，所以要连接到电路的输入端；右边一对 OUT 端子是输出端子，用来连接电路的输出信号。双击图标即可开启波特图仪，如图 5.5 左图所示。

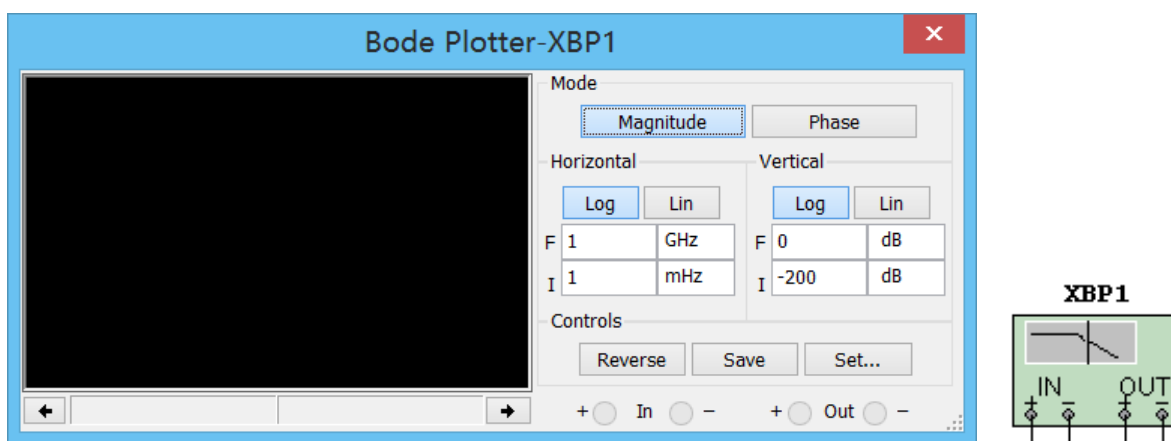


图 5.5 波特图仪的图标和打开的仪表

其中各项说明如下：

- **Magnitude 按钮：**设定左边显示屏内显示频率与振幅的关系，即幅频特性，如图 5.6 所示。

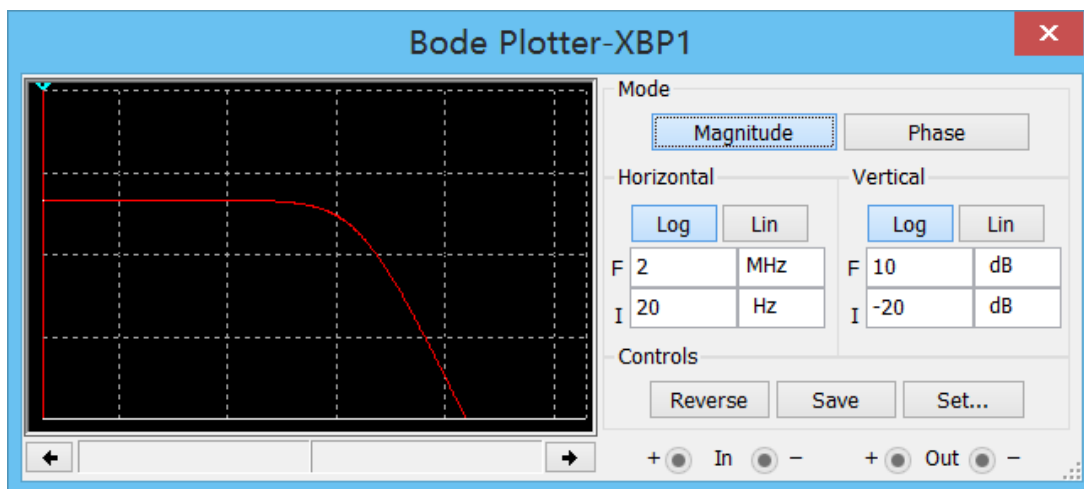


图 5.6 幅频特性的测试

- **Phase 按钮：**设定左边显示屏内显示频率与相位的关系，即相频特性，如图 5.7 所示。

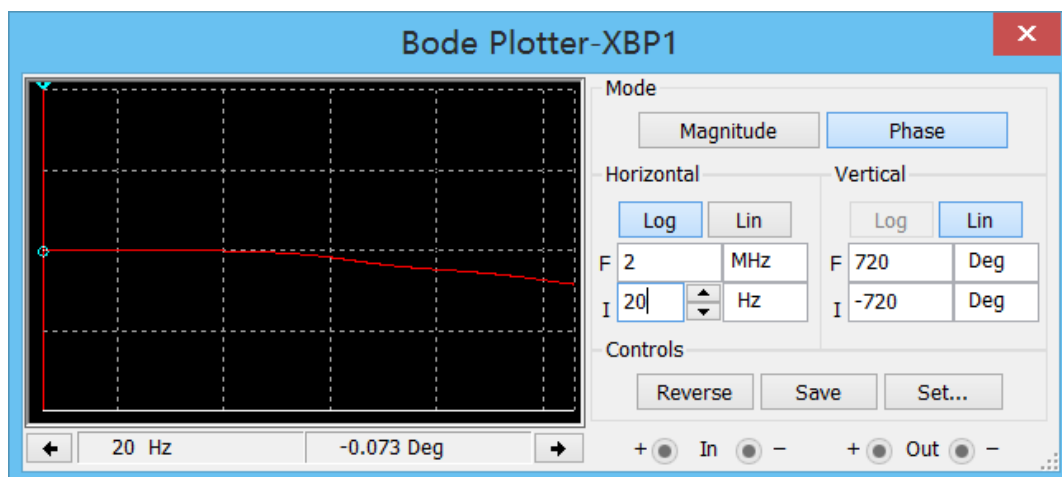


图 5.7 相频特性的测试

- **Horizontal 区块：**设定水平轴（即频率）刻度。

Log 按钮：采用对数刻度。

Lin 按钮：采用线性刻度。

F 字段：设定频率响应图水平轴刻度即频率的终了值。

I 字段：设定频率响应图水平轴刻度即频率的初始值。



- Vertical 区块：设定纵轴（即振幅或相位角）刻度。该区块的设置项与 Horizontal 区块相似。

Log 按钮：采用对数刻度。

Lin 按钮：采用线性刻度。

F 字段：设定频率响应图纵轴刻度的终了值（幅值或相位）。

I 字段：设定频率响应图纵轴刻度的初始值（幅值或相位）。

- Reverse 按钮：设定显示屏以反色显示。
- Save 按钮：储存测量的结果。
- Set 按钮：设定扫描的分辨率。
- 按钮：将显示屏内的光标往左移动，光标位置曲线的值将分别显示在显示屏下方的两个字段内。
- 按钮：将显示屏内的光标往右移动。

5.5 IV 分析仪

IV 分析仪用于分析半导体器件的特性曲线。启动菜单命令 Simulate/Instrument/ IV Analyzer，或按仪表工具栏中的 IV 分析仪按钮，屏幕将出现如图 5.8 右图所示的 IV 分析仪图标。图标中有三个端子，分别用于接二极管或晶体管的管脚。双击图标即可开启 IV 分析仪，如图 5.8 左图所示。

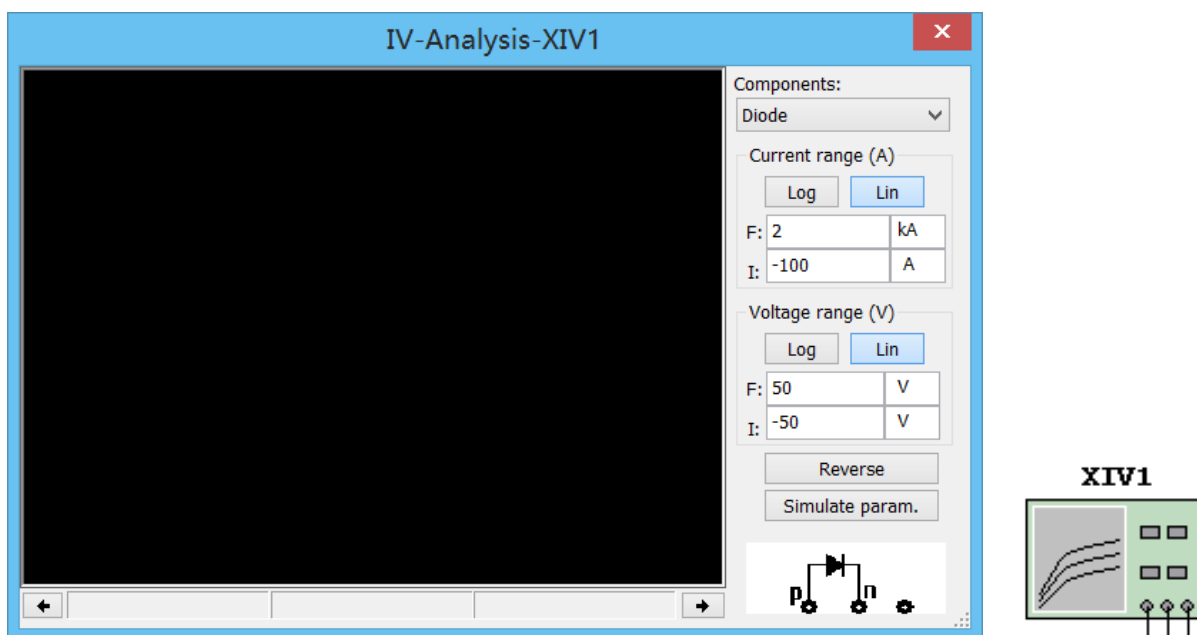



图 5.8 IV 分析仪的图标和打开的仪表

其中各项说明如下：


- **Components**：用下拉菜单方式选择被测元件类型：二极管、NPN 晶体管、PNP 晶体管、P 沟道 MOS 管、N 沟道 MOS 管。
- **Current Range (A)** 区块：设置 IV 曲线电流刻度及显示范围。
 Log 按钮：采用对数刻度；
 Lin 按钮：采用线性刻度。
 F 字段：设定电流刻度的终了值；
 I 字段：设定电流刻度的初始值。
- **Voltage Range (V)** 区块：设置 IV 曲线电压刻度及显示范围。该区块的设置项与 **Current Range (A)** 区块相同。
- **Reverse** 按钮：设定显示屏以反色显示。
- **Sim_Param** 按钮：设定仿真参数的起始值、终了值和步长。

5.6 测量探针

测量探针（Measurement Probe）是 Multisim 提供的最为便捷的虚拟仪器，只需将其拖放到被测支路上，就可检测电路不同位置上的电压、电流、频率，测量探针的测量结果根据电路理论计算得出，不对电路产生任何影响。

点击 Instruments 工具栏上测量探针  边上的黑色小箭头，在弹出的菜单中可以选择探针属性和测量类型，包括：

- From dynamic probe settings 项：探针采用菜单命令项 Simulate/Dynamic Probe Properties 中的设置。
- AC voltage 项：探针测量交流电压峰峰值 $V(p-p)$ ，交流电压有效值 $V(rms)$ ，直流电压 $V(dc)$ ，交流频率。
- AC current 项：探针测量交流电流峰峰值 $I(p-p)$ ，交流电流有效值 $I(rms)$ ，直流电流 $I(dc)$ ，交流频率。
- Instantaneous voltage and current 项：探针测量瞬时电压和电流。
- Voltage with reference to probe 项：显示 Reference Probe 对话框。

点击 Instruments 工具栏上的测量探针 ，将其拖动到待测量支路然后点击，即可将测量探针放置到待测量位置，启动仿真按钮后在测量探针旁边显示测量结果。

第六章 分析方法

6.1 分析方法简介

Multisim 提供了非常齐全的仿真与分析功能，在本章里将分别介绍每个仿真与分析功能。启动菜单命令 **Simulate/Analyses**，或按设计工具栏的分析按钮，即可拉出如图 6.1 所示的分析方法菜单。

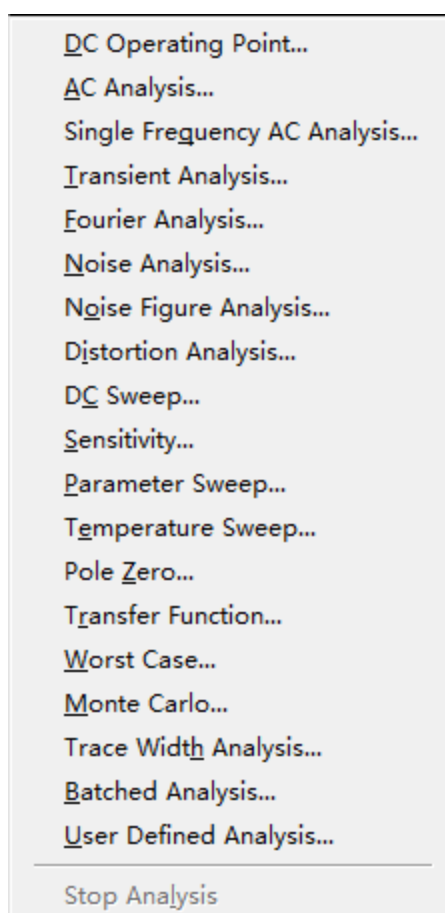


图 6.1 分析方法菜单

其中包括 18 个分析命令，简介如下：

- 静态工作点分析（DC Operating Point）：分析电路的静态工作点，可以

选定计算不同节点的静态电压值。

- **交流分析 (AC Analysis):** 分析电路的小信号频率响应。
- **单频交流分析 (Single Frequency AC Analysis):** 与交流分析相同, 但只针对一个频率进行分析。它以表格或图的形式报告输出信号的幅度/相位或实部/虚部在某设定频率下的值。
- **瞬态分析 (Transient Analysis):** 是电路在时域 (Time Domain) 的动作分析, 相当于连续性的操作点分析, 通常是为了找出电子电路的动作情形, 就像是示波器一样。
- **傅里叶分析 (Fourier Analysis):** 是电路在频域 (Frequency Domain) 的动作分析, 将周期性的非正弦波信号, 转换成由正弦波和余弦波组成的波形。
- **噪声分析 (Noise Analysis):** 是分析噪声对电路的影响, Multisim 提供三种噪声的仿真分析, 包括热噪声 (Thermal Noise), 也称为琼森噪声 (Johnson Noise) 或白色噪声 (White Noise), 这种噪声是由温度变化所产生的; 放射噪声 (Shot Noise), 这种噪声是由于电流在分立的半导体块流动所产生的噪声, 是晶体管的主要噪声; Flicker 噪声, 又称为超越噪声 (Excess Noise), 通常是发生在 FET 或一般晶体管, 频率为 1k Hz 以下。
- **噪声指数分析 (Noise Figure Analysis):** 属于射频分析的一部分, 噪声指数是指输入端的信噪比(即信号与噪声之比)与输出端的信噪比之比。
- **失真分析 (Distortion Analysis):** 是分析电路的非线性失真及相位偏移。

- **直流扫描分析 (DC Sweep):** 是以不同的一组或两组电源, 交互分析指定节点的直流电压值。
- **灵敏度分析 (Sensitivity):** 是为了找出元件受偏压影响的程度, Multisim 提供直流灵敏度与交流灵敏度的分析功能。
- **参数扫描分析 (Parameter Sweep):** 是对电路里的元件分别以不同的参数值进行分析。在 Multisim 里, 可设定为静态工作点分析、瞬态分析或交流分析三种参数扫描分析。
- **温度扫描分析 (Temperature Sweep):** 也是参数扫描的一种, 同样可以执行静态工作点分析、瞬态分析及交流分析。
- **零点极点分析 (Pole Zero):** 是用于求解电路的交流小信号传递函数中零点与极点的个数和数值, 以决定电子电路的稳定度。在进行零点与极点分析时, 首先计算出静态工作点, 再设定所有非线性元件的线性小信号模型, 然后找出其交流小信号传递函数的零点与极点。
- **传递函数分析 (Transfer Function):** 是求解电路小信号分析的输出和输入之间的关系, 可以分析出增益、输入阻抗及输出阻抗。
- **最坏状态分析 (Worst Case):** 是以统计分析的方式, 在给定元件参数容差的情况下, 分析电路性能相对于标称值的最大偏差。
- **蒙特卡罗分析 (Monte Carlo):** 是以统计分析的方式, 在给定元件参数容差的统计规律的情况下, 用一组伪随机数求得元件参数的随机抽样序列, 对这些随机抽样的电路进行静态工作点分析、瞬态分析及交流分析。
- **布线宽度分析 (Trace Width Analysis):** 这项功能可以帮助设计者找出

该电路在设计电路板（PCB）时走线的宽度。

- 批次分析（Batched Analysis）：是设定几个分析分批执行。
- 使用者定义分析（User Defined Analysis）：在 Multisim 里可以自行定义电路分析。

其中模拟电路分析中最常用的分析方法为静态工作点分析、交流分析、瞬态分析、直流扫描分析、参数扫描分析、传递函数分析下面针对这些方法的应用进行详细介绍。

6.2 静态工作点分析

在进行分析之前，首先必须设定相关的参数，而对于不同的分析，其设定参数不完全相同。尽管如此，在大部分的分析设定里都只要按缺省值就可以正常分析。但有些设定是必须的，例如指定所要追踪或分析的节点等。在静态工作点分析中的各项设定几乎都出现在其它每项分析的设定之中，因而熟悉了静态工作点分析的设定，对于其它分析的设定，只需掌握其特殊的部分即可。

启动菜单命令 **Simulate/Analyses/DC Operating Point**，进入静态工作点分析，屏幕出现图 6.2 所示对话框。对话框包括 **Output variables** 页、**Miscellaneous Options** 页和 **Summary** 页。

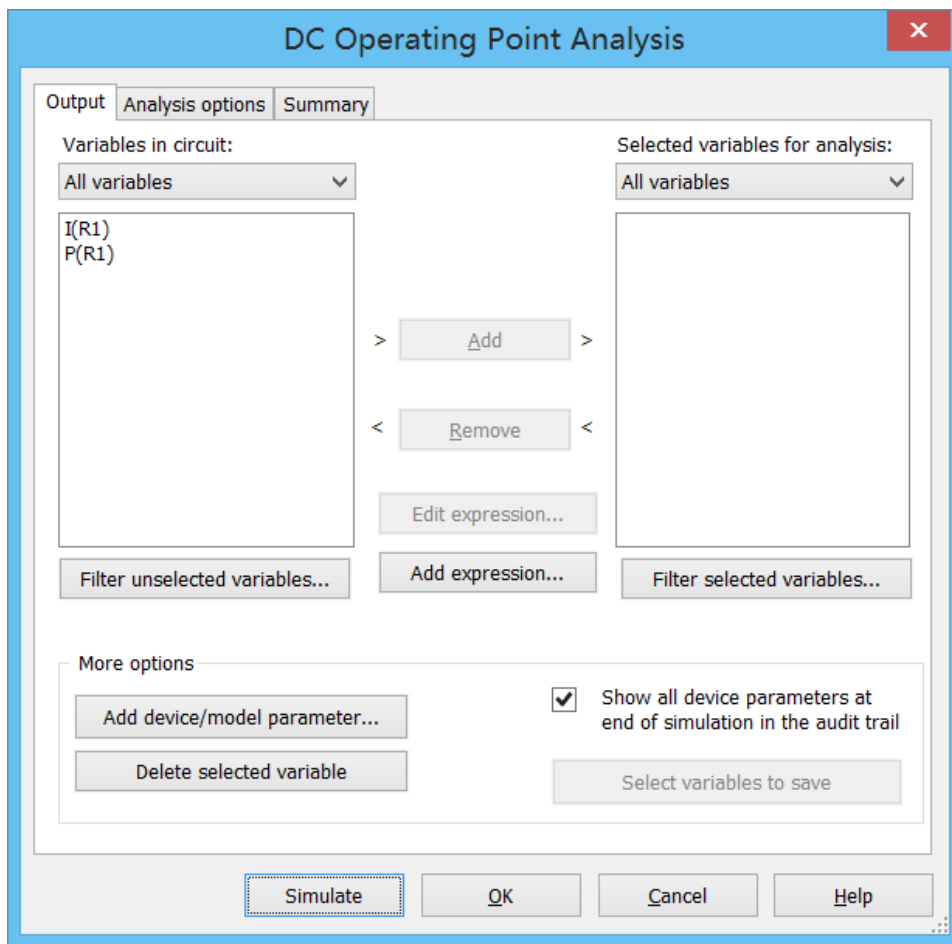


图 6.2 静态工作点分析对话框

Output variables 页是必须设定的部分，在此页中指定所要分析的节点，才能进行静态工作点分析。该页一般只需设置 Variables in circuit 区块和 Selected variables for analysis 区块，具体说明如下：

- Variables in circuit: 本区块内列出电路里的所有节点名称。选取所要分析的节点，再按 Add 按钮即可将所选取的节点放到右边的 Selected variables for analysis 区块。如果在本区块选取节点后，按 Filter Unselected Variables 钮，则对未列出的电路中的其它节点进行筛选。
- Selected variables for analysis: 本区块内列出所要分析的节点，如果需

要去除某个节点，则选取所要去掉的节点，再按 **Remove** 按钮将节点放回 **Variables in circuit** 区块。利用 **Edit expression** 按钮和 **Add expression** 按钮可对分析节点进行公式编辑。

在 **Summary** 页中进行分析设定确认，一般无需设定，采用默认值即可。

Analysis options 页中选项为用户在进行分析时提供更多的灵活性，一般不要求设置，采用默认值即可。

当设定完成后，可按图 6.2 所示对话框下面的 **Simulate** 按钮即可进行分析。分析结果如图 6.3 所示，在该分析结果图中，可以对分析结果进行一般的文档操作，例如保存、打印等。

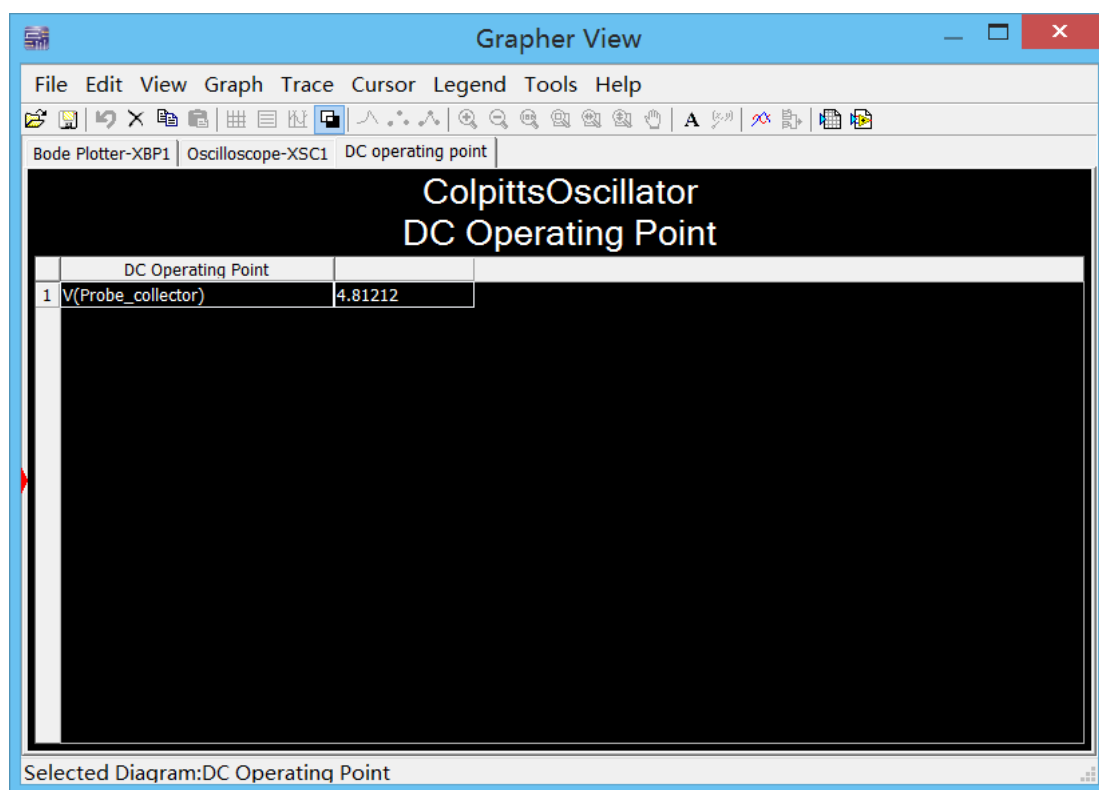


图 6.3 静态工作点分析结果

6.3 交流分析

交流分析是分析电路的小信号频率响应。由于交流分析是以正弦波为输入信号，因此进行分析时都将自动以正弦波替换输入信号，而信号频率也将以设定的范围替换。启动菜单命令 **Simulate/Analyses/AC Analysis**，进入交流分析，屏幕出现图 6.4 所示对话框。

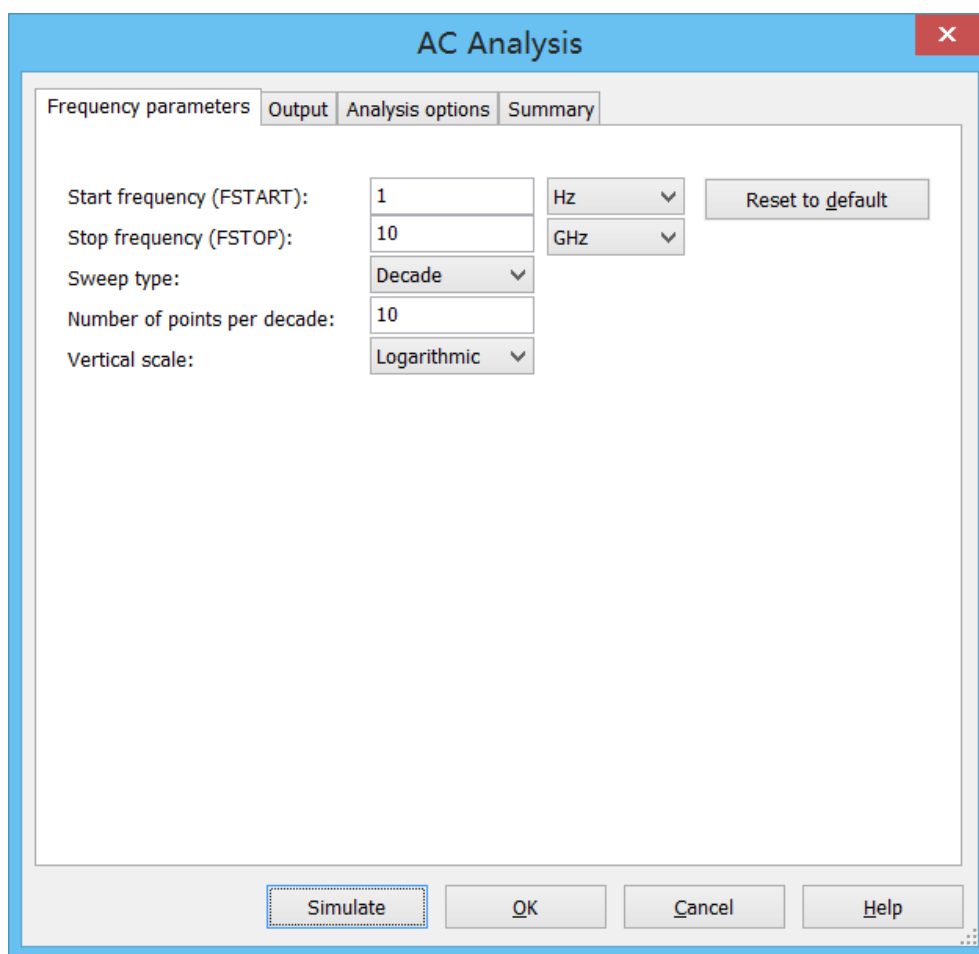








图 6.4 交流分析对话框

其中包括四页，除了 Frequency Parameters 页外，其余均与静态工作点的设定一样，参见 6.1 节。Frequency Parameters 页包括下列 6 个项目：

- Start frequency (FSTART): 设定交流分析的起始频率。
- Stop frequency (FSTOP): 设定交流分析的终止频率。

- **Sweep type:** 设定交流分析的扫描方式，其中包括 **Decade**（十倍刻度扫描）、**Octave**（八倍刻度扫描）及 **Linear**（线性刻度扫描），通常是采用十倍刻度扫描（**Decade** 选项），以对数方式展现分析结果。
- **Number of points per decade:** 设定每十倍频率的取样点数。
- **Vertical scale:** 设定垂直刻度，其中包括 **Decibel**（分贝刻度）、**Octave**（八倍刻度）、**Linear**（线性刻度）及 **Logarithmic**（对数刻度）。通常采用 **Logarithmic**（对数刻度）或分贝刻度（**Decibel** 选项）。
- **Reset to default:** 将所有设定恢复为默认值。

当设定完成后，可按图 6.4 所示对话框下面的 **Simulate** 钮即可进行分析，分析结果如图 6.5 所示。在该分析结果图中，点击 **Show/Hide Cursors** 按钮, 可以读取波形上任一点的值；点击保存按钮, 可将结果图保存到指定文件中；点击打印按钮, 可以打印分析结果图；点击 **Show/Hide Grid** 按钮, 可以显示/隐藏网格线；点击 **Export to excel**  可将结果转换成 Excel 文件；点击 **Save to measure file** 按钮, 可将结果保存为基于文本(.lvm)或二进制(.tdm)的测量文件，用 **LabVIEW** 和 **DIAdem** 软件可将保存后的仿真结果与实际电路输出结果进行比较。另外在该分析结果图中，同样可以对分析结果进行一般的文档操作。

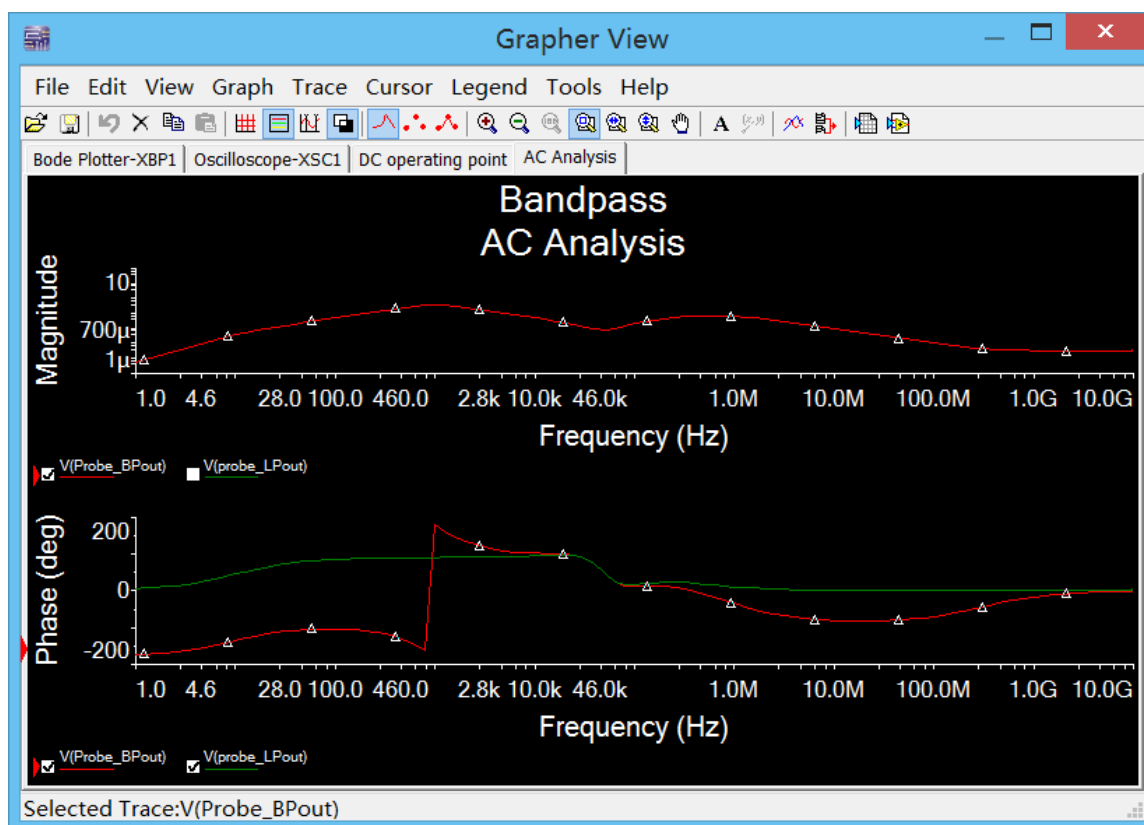


图 6.5 交流分析的结果

6.4 瞬态分析

瞬态分析是一种非线性时域分析方法，可以分析电路在激励信号的作用下电路的时域响应，相当于连续性的静态工作点分析，通常是为了找出电子电路的工作情况，就像用示波器观察接点电压波形一样。启动菜单命令 Simulate/Analyses/Transient Analysis，屏幕出现如图 6.6 所示对话框。

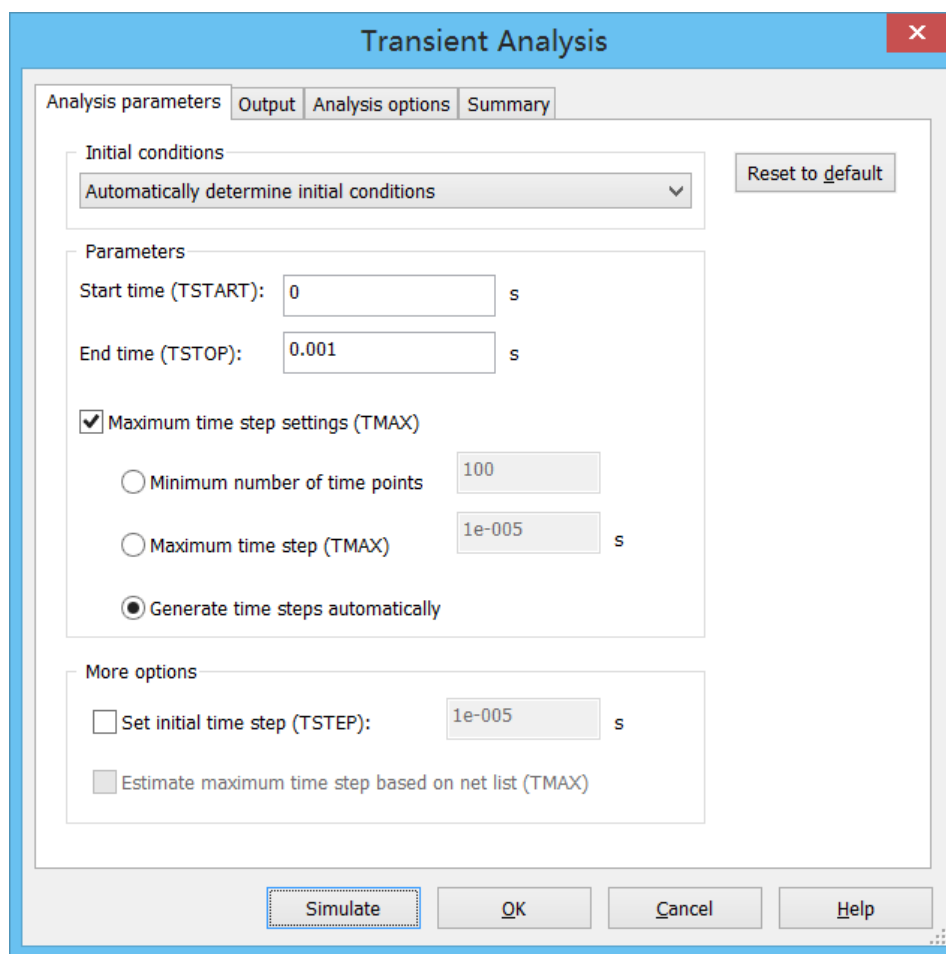


图 6.6 瞬态分析对话框

其中包括四页，除了 Analysis Parameters 页外，其余均与静态工作点分析的设置相同，参见 6.1 节。Analysis Parameters 页包括下列项目：

- Initial conditions: 设定初始条件,其中包括 Automatically determine initial conditions（由程序自动设定初始值）、Set to zero（将初始值设为 0）、User defined（由使用者定义初始值）、Calculate DC operating point（由静态工作点计算得到）。
- Start time（TSTART）: 设定分析开始的时间。
- Stop time（TSTOP）: 设定分析结束的时间。
- Set maximum time step(TMAX): 设定最大时间间距,当该项被选择时,

需要同时单选下列三项之一（缺省选项为 Generate time steps automatically）：

Minimum number of time points: 设定最大取样点数，用以设定分析的步阶，并在右边字段里输入最大取样点数。

Maximum time step(TMAZ): 设定最大时间间距，以设定分析的步阶，并在右边字段里输入最大时间间距值。

Generate time steps automatically: 设定自动决定分析的时间步阶。

■ **Reset to default:** 将所有设定恢复为缺省值。

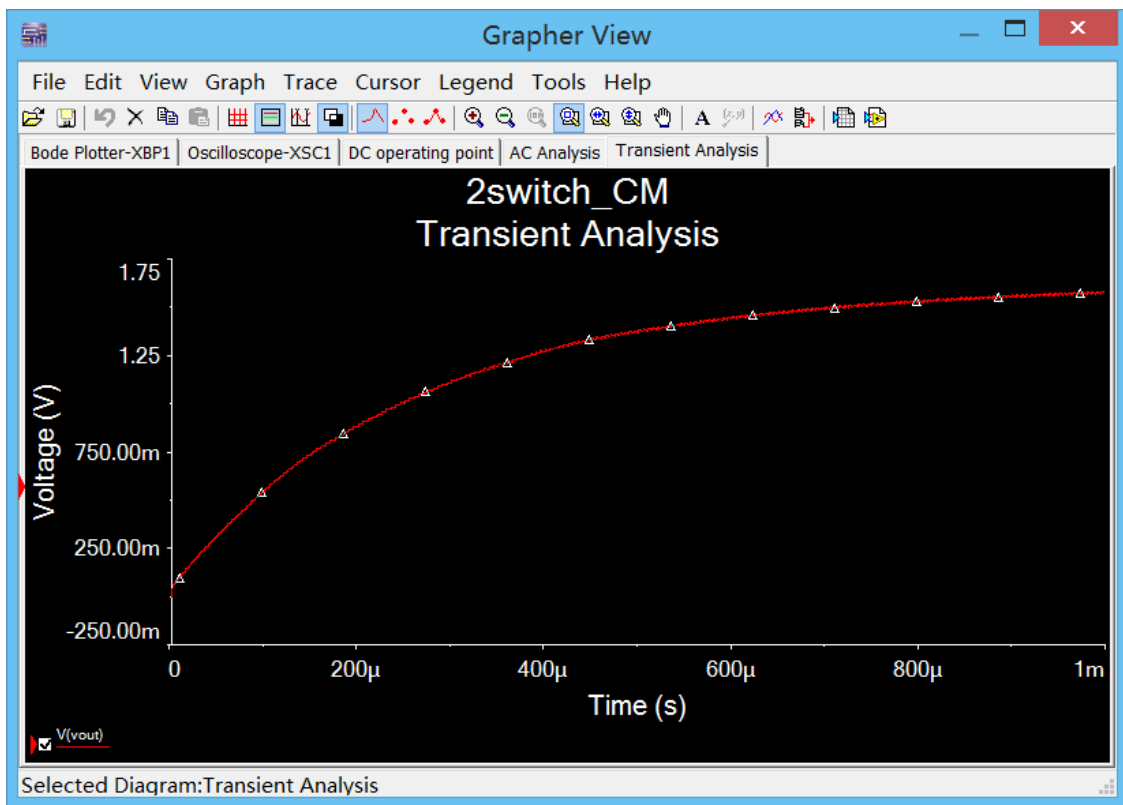


图 6.7 瞬态分析的结果

当设定完成后，可按图 6.6 所示对话框下面的 Simulate 钮即可进行分析，分析结果如图 6.7 所示。在该分析结果图中，同样可以对分析结果进行一般的操作（参见 6.3 节 交流分析）。

6.5 直流扫描分析

直流扫描分析是以不同的一组或两组电源，交互分析指定节点的静态工作点。启动菜单命令 **Simulate/Analyses/DC Sweep**，屏幕出现如图 6.8 所示对话框。

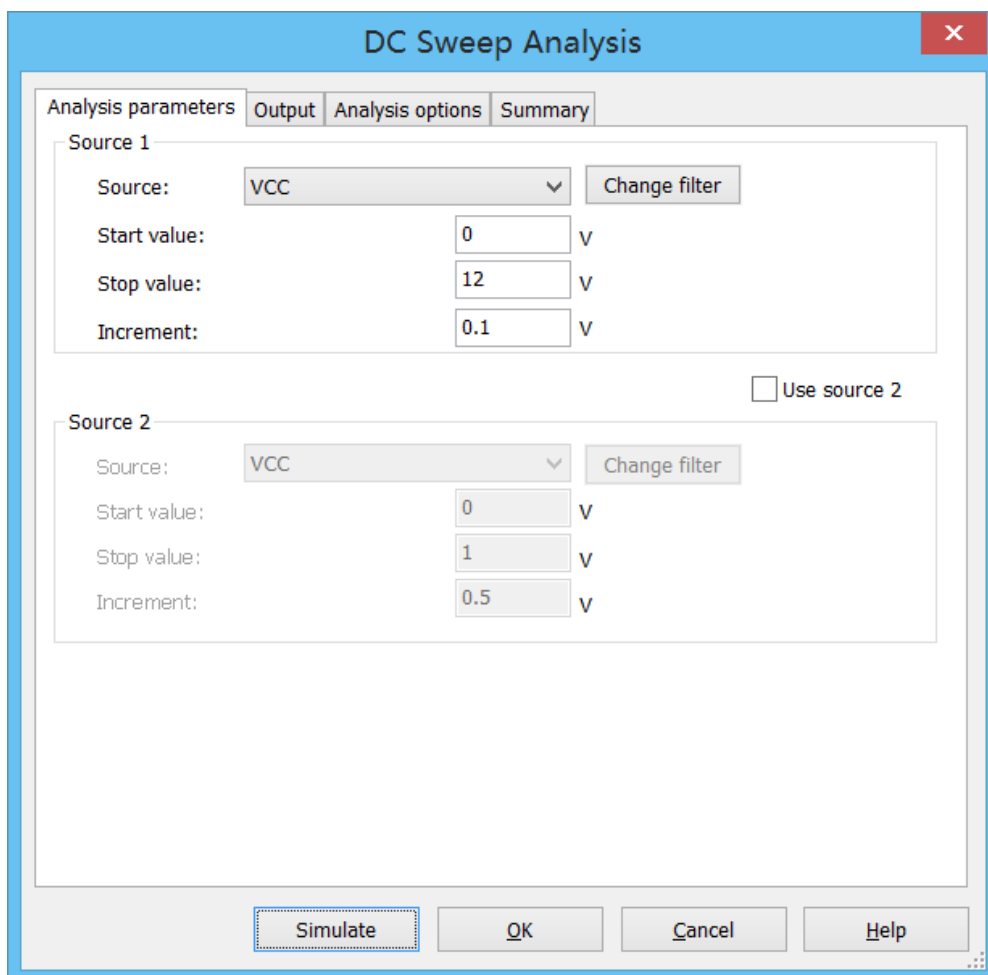


图 6.8 直流扫描分析对话框

其中包括四页，除了 **Analysis Parameters** 页外，其余均与静态工作点分析的设置相同，详见 6.1 节。而在 **Analysis Parameters** 页中包括 **Source 1** 与 **Source 2** 两个区块，每个区块各有下列项目：

- **Source:** 指定所要扫描的电源。

- Start value: 设定开始扫描的电压值。
- Stop value: 设定终止扫描的电压值。
- Increase: 设定扫描的增量(或间距)。

如果要指定第二组电源，则需选取 Use source 2 选项。

图 6.9 所示为直流扫描分析的结果。在该分析结果图中，同样可以对分析结果进行一般的操作（参见 6.3 节 交流分析）。

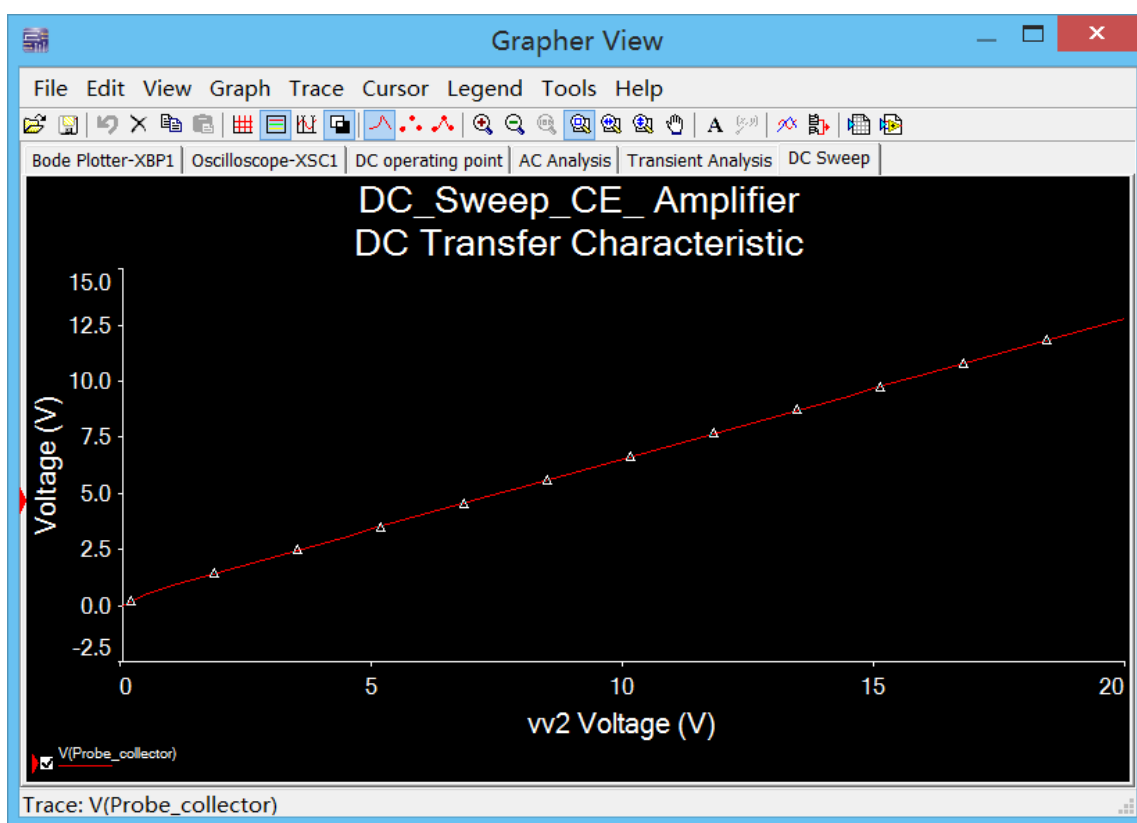


图 6.9 直流扫描分析结果

6.6 参数扫描分析

参数扫描分析是对电路里的元件，分别以不同的参数值进行分析。在 Multisim 中，进行参数扫描分析时，可设定为静态工作点分析、瞬态分析或交

流分析的参数扫描。启动菜单命令 **Simulate/Analyses/ Parameter Sweep**，屏幕出现如图 6.10 所示对话框。

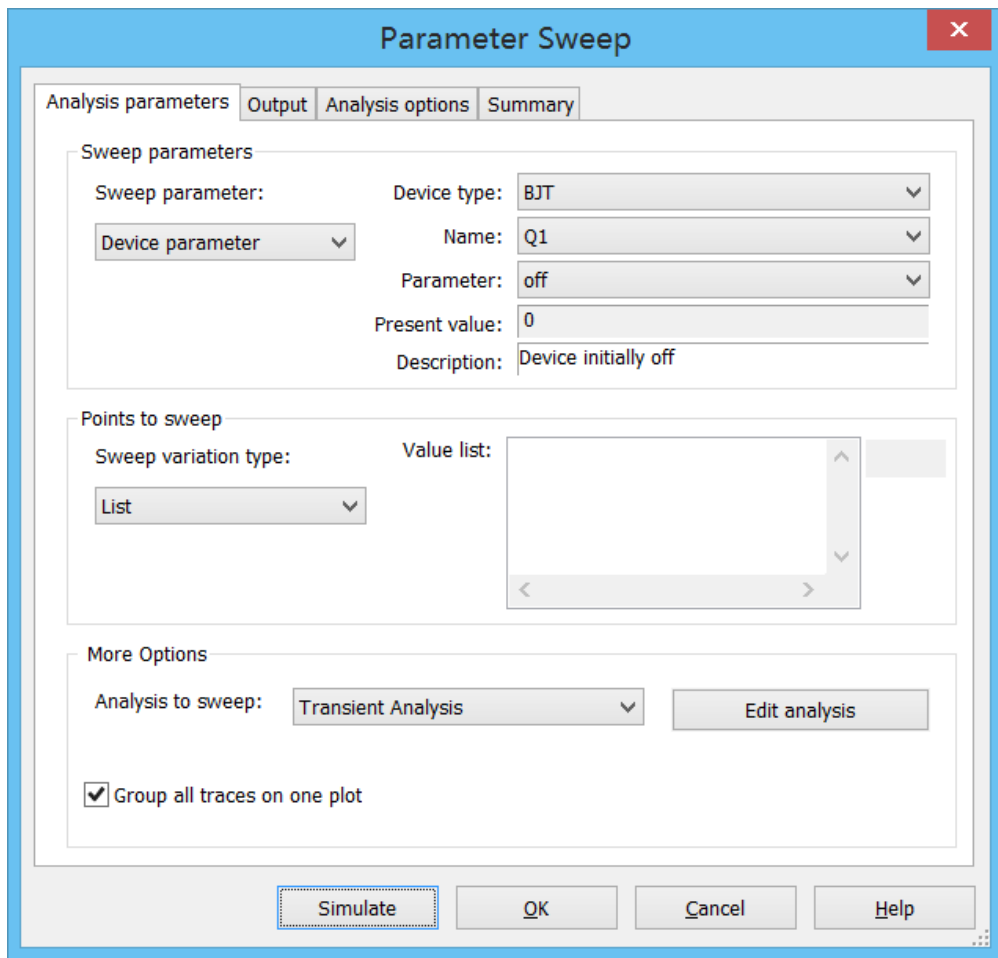


图 6.10 扫描参数为 Device parameter

其中包括四页，除了 **Analysis Parameters** 页外，其余均与静态工作点分析的设置相同，详见 6.1 节。在 **Analysis Parameters** 页里，各项说明如下：

- **Sweep Parameters** 区块：设定进行扫描的参数，包括两个选项，各项说明如下：

Device Parameter：本选项设定元件装置参数，选取本项后，区块里将出现五个字段，如上图所示。在 **Device type** 字段里指定所要设定参数的元件类型，而且只列出电路图里所用到的元件类型。在 **Name** 字段

里指定所要设定参数的元件序号，例如 Q1 晶体管，则指定为 qq1；C1 电容器，则指定为 cc1 等。在 **Parameter** 字段里指定所要设定的参数，当然，不同元件有不同的参数，以晶体管为例，可指定为 off(不使用)、icvbe（即集电极电流 ic、b-e 间电压 vbe）、icvce（即集电极电流 ic、管压降 vce）、area（区间因素）、sens_area（灵敏度）、temp（温度）。**Present Value** 字段显示目前该参数的设定值（不可更改）；**Description** 字段为说明字段（不可更改）。

Model Parameter: 本选项设定元件模型参数，选取本项后，区块里将出现五个字段，如图 6.11 所示。在 **Device Type** 字段里指定所要设定参数的元件类型，只包括电路图里所用到的元件类型。**Name** 字段里指定所要设定参数的元件名称。**Parameter** 字段里指定所要设定的参数；**Present Value** 字段为目前该参数的设定值（不可更改）；**Description** 字段为说明字段（不可更改）。

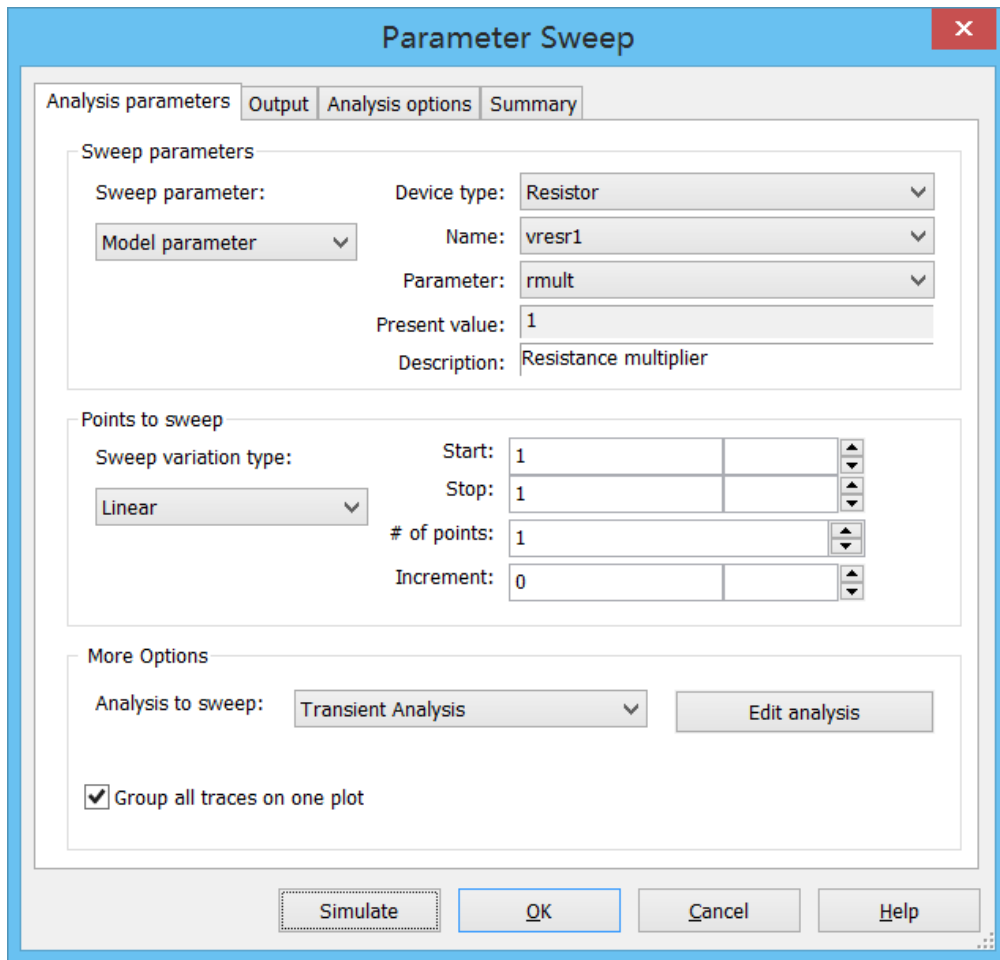


图 6.11 扫描参数为 Model parameter

- Point to sweep:** 本区块的功能是设定扫描的方式。在交流分析的扫描方式中，包括 **Decade**（十倍刻度扫描）、**Octave**（八倍刻度扫描）、**Linear**（线性刻度扫描）及 **List** 等选项。如果选择 **Decade**、**Octave** 或 **Linear** 选项，则左边将出现四个字段，如图 6.11 所示。此时可在 **Start** 字段里指定开始扫描的值，在 **Stop** 字段里指定停止扫描的值，在 **# of points** 字段里指定扫描点数，在 **Increment** 字段里指定扫描间距。如果选择 **List** 选项，则其右边将出现 **Value** 字段，此时可在 **Value** 字段中指定扫描的参数值，如果要指定多个不同的参数值，则在参数值之间以逗号分隔。

- **Analysis to sweep:** 点击 More 按钮，可进行该项设定。本选项的功能是设定分析的种类，包括 DC Operating Point（静态工作点分析）、AC Analysis（交流分析）、Transient Analysis（瞬时分析）及 Nested Sweep（巢状扫描）等四个选项。如果要设定某种分析，可在选取该分析后，按 Edit Analysis 钮，即可进入编辑该项分析。
- **Group all traces on one plot:** 点击 More 按钮，可进行该项设定。本选项的功能是设定将所有分析的曲线放置在同一个分析图中。

6.7 传递函数分析

传递函数分析是找出电路小信号分析的输出输入之间的关系，Multisim 将计算出增益、输入阻抗及输出阻抗。一般适合于直接耦合放大电路分析。

启动菜单命令 Simulate/Analyses/Transfer Function，屏幕出现如图 6.12 所示对话框。

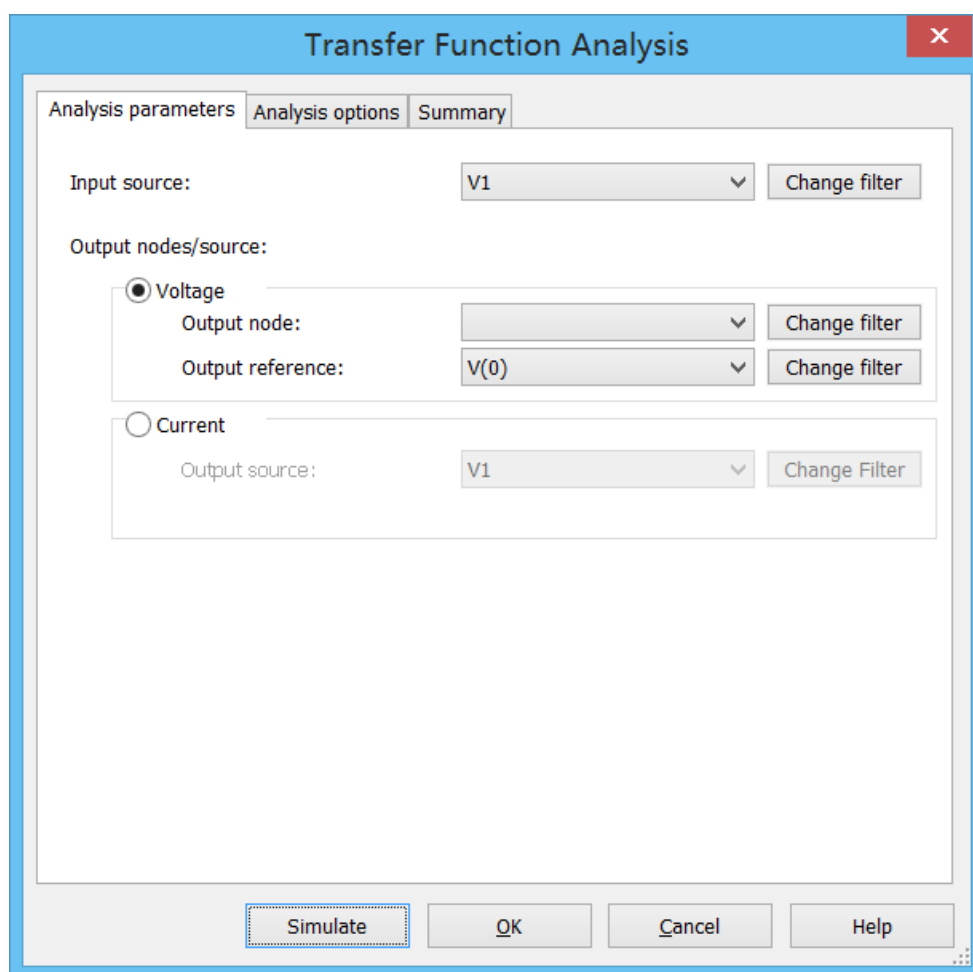


图 6.12 传递函数分析对话框

其中包括三页，除了 Analysis Parameters 页外，其余皆与静态工作点分析的设定相同，参见 6.1 节。在 Analysis Parameters 页里，各项说明如下：

- **Input source:** 本选项指定所要分析的电压源或者信号源。
- **Voltage:** 本选项指定计算输出电压与输入信号源电压之比。选取本选项后，就可以在 Output node 字段中指定所要测量的输出电压节点，而在 Output reference 字段里指定参考电压节点，通常是接地端。
- **Current:** 本选项指定计算输出电流与输入信号源电压之比。选取本选项后，就可以在 Output source 字段中指定所要测量的输出电流源。

图 6.13 所示为传递函数的分析结果。

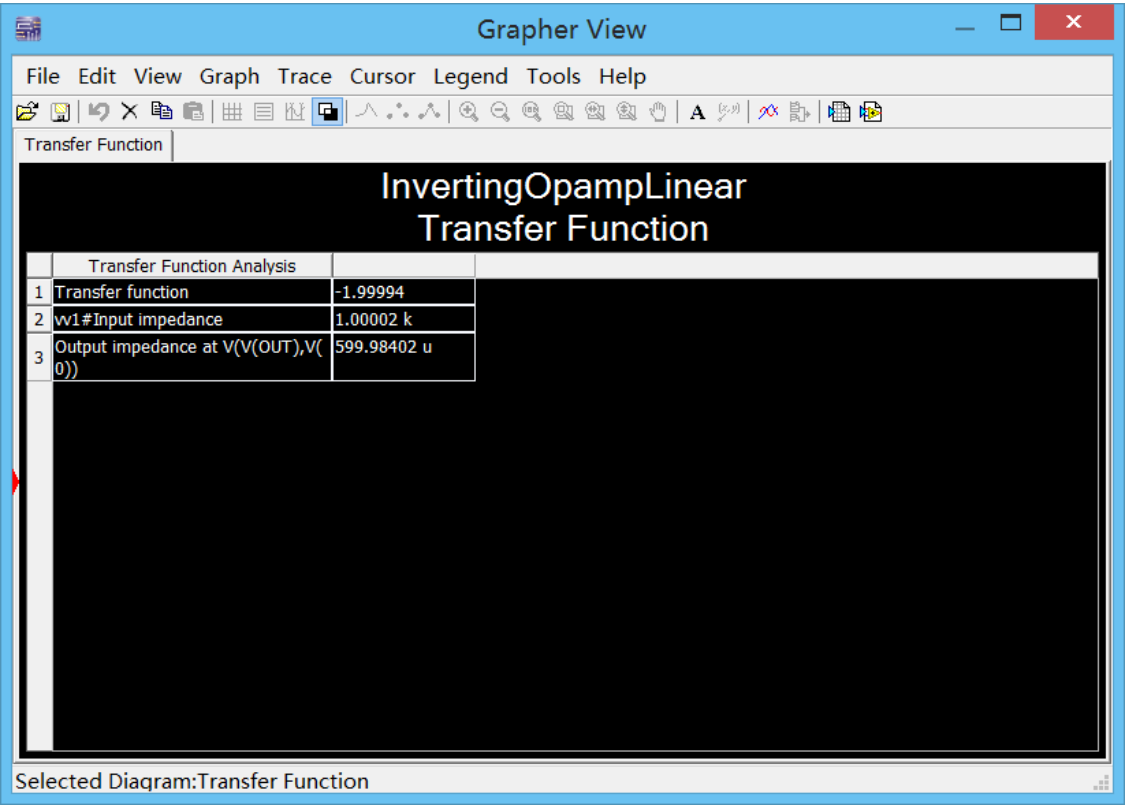


图 6.13 传递函数分析结果

第七章 模拟电路仿真方法及步骤

7.1 关于本章

本章以具体电路为例，介绍模拟电路仿真的基本步骤，包括如何建立电路、仿真测量电路、分析电路、输出结果等。电路如图 7.1 所示，其中晶体管采用实际晶体管 2N2222A，其它电阻电容均采用虚拟元件。

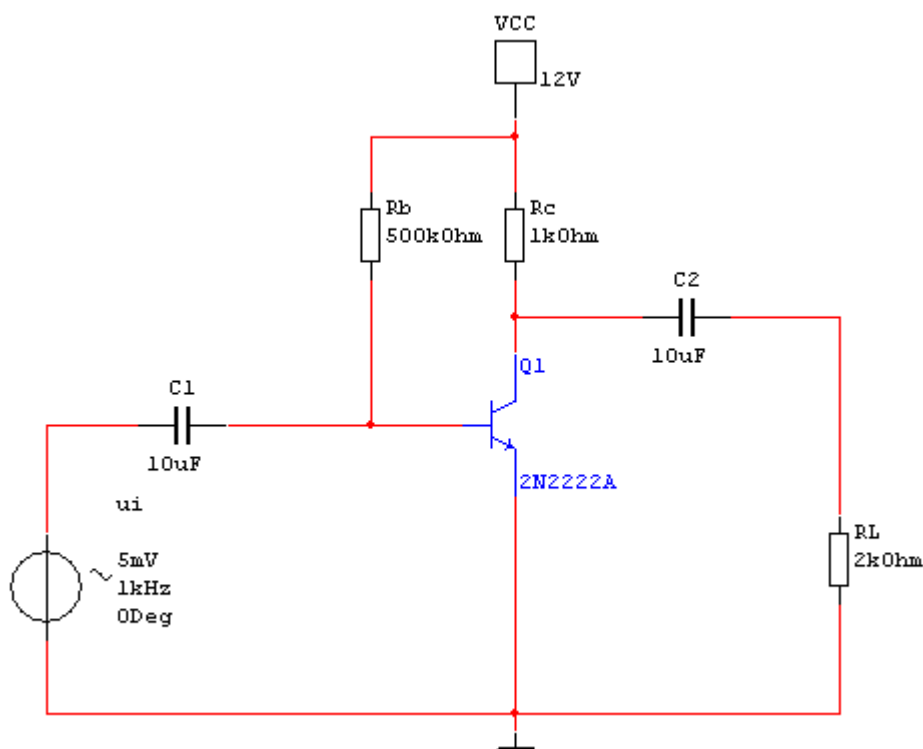


图 7.1 仿真电路图

7.2 建立电路

7.2.1 建立电路文件

运行 Multisim11，打开一个空白的电路文件，便可开始建立电路文件。电路的颜色、尺寸和显示模式基于以前的用户喜好设置。

7.2.2 定制用户界面

依照 3.2 节所描述的方法，根据需要改变用户界面设置。在本例中，选择菜单命令 Options/Sheet Properties 和 Global Preferences 进行用户喜好缺省设置：

- 选择菜单命令 Options/Sheet Properties/Circuit/Net names/Show all 设置显示电路节点名称。
- 选择菜单命令 Options/Global Preferences/Parts/Symbol standard/Din 设定采用欧洲标准。

7.2.3 在电路窗口中放置元件

依照 4.3 节所描述的方法，从元件库中取出所需的所有元件放到合适的位置，如图 7.2 所示。图中元件只是按照图 7.1 所示电路中的元件类型和数量取出放置，元件属性以及所放置的位置和方向还有待修改。

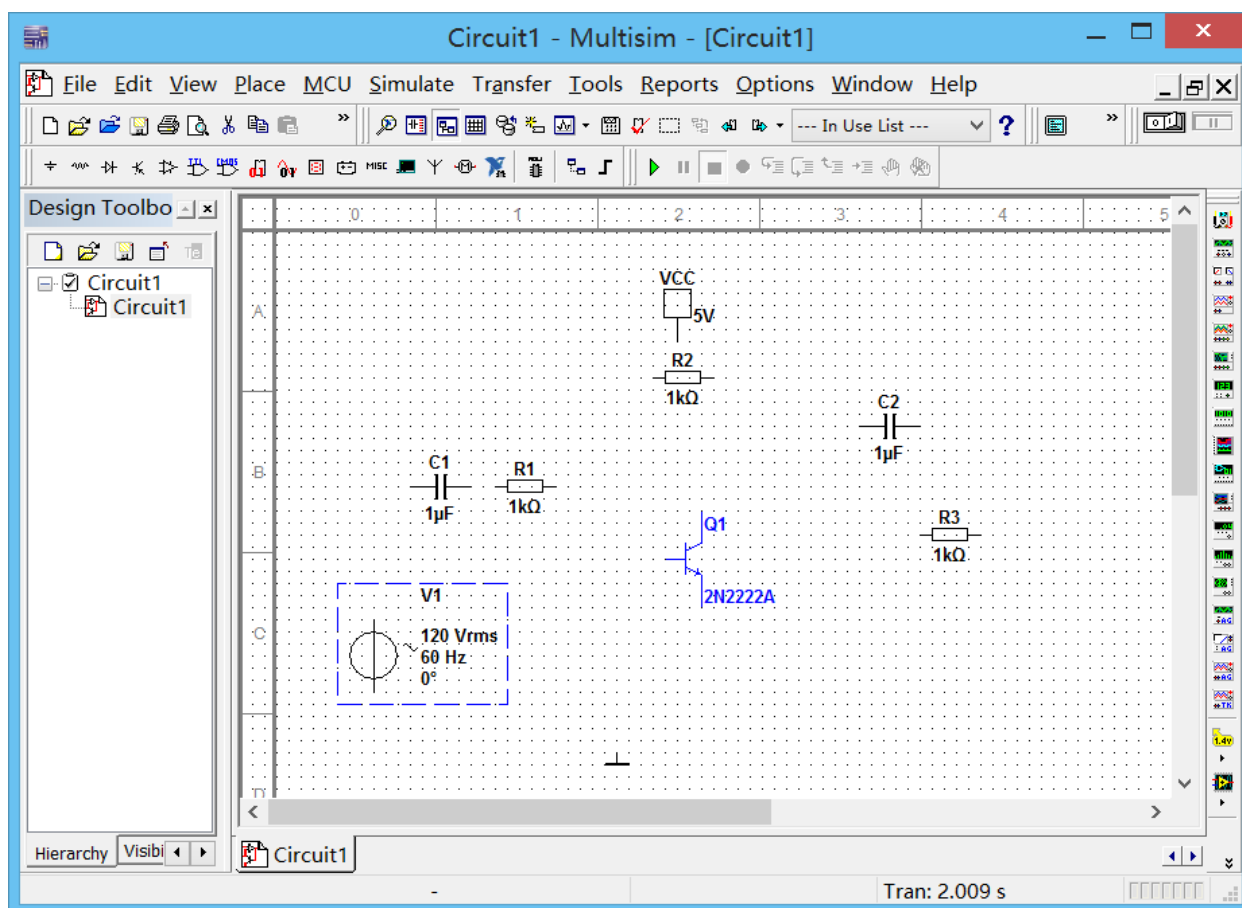


图 7.2 在电路窗口中放置元件

7.2.4 修改元件属性

依照 4.3 节所描述的设置元件属性的方法,分别修改信号源、直流电压源、电阻和电容的属性,包括元件值和序号。修改后的电路图如图 7.3 所示。

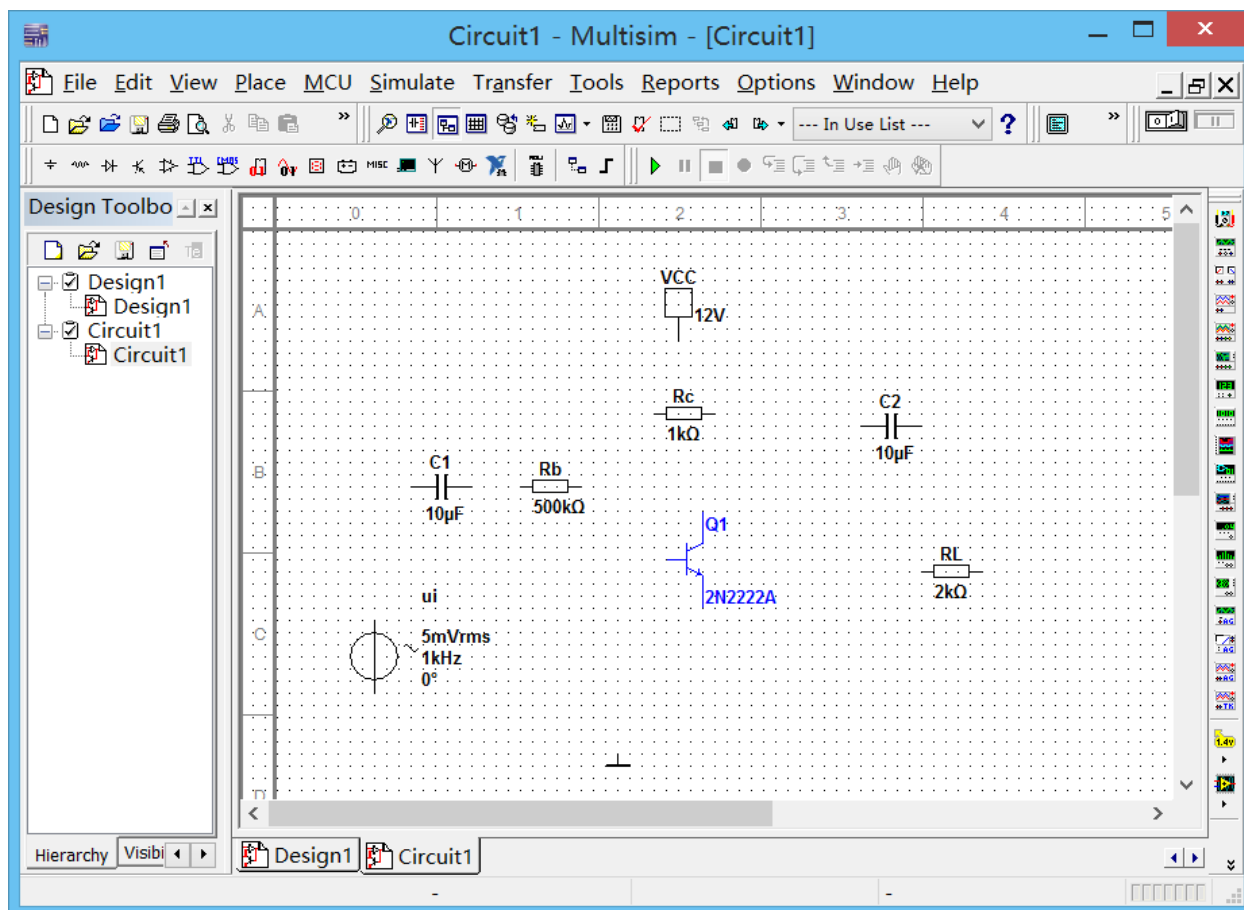


图 7.3 修改元件属性

7.2.5 编辑元件

图 7.3 中，电阻 R_b 、 R_c 、 R_L 的方向需要垂直放置， R_b 的位置需要移动。依照 4.3 节中所描述的编辑元件的方法将元件位置和方向改正。修改后的电路如图 7.4 所示。

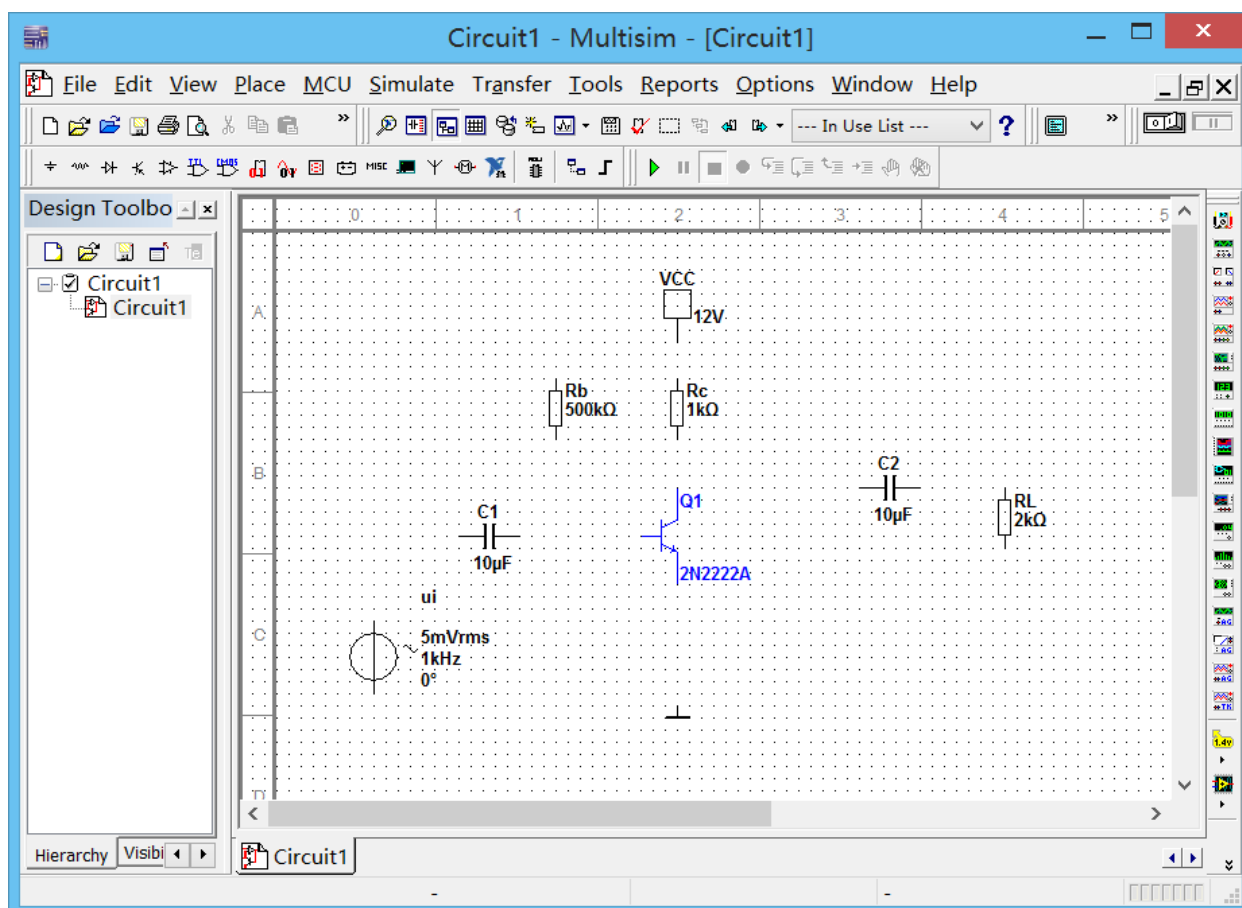


图 7.4 编辑元件

7.2.6 连接线路与自动放置接点

参照 4.3 节中所描述的元件连线的方法连接线路。如果需要从某一引脚连接到某一条线的中间，则只需要用鼠标左键点击该引脚，然后移动鼠标到所要连线的位置再点击鼠标左键。**Multisim** 不但自动连接这两点，同时也在所连接线条的中间自动放置一个接点，表示该线条与新的走线是相连接的，如图 7.5 中节点 1 和节点 4 所示。

除了上述情况外，对于交叉而过的两条线不会产生接点。但是如果想要让交叉线相连接的话，可在交叉点上放置一个接点。启动菜单命令 **Edit/Place**

Junction，用鼠标左键点击所要放置接点的位置即可于该处放置一个接点。如果要删除接点，则用右击所要删除的接点，在弹出式菜单中选择 **Delete** 项即可删除（注意，删除接点会将与其相关的连线一起删除）。

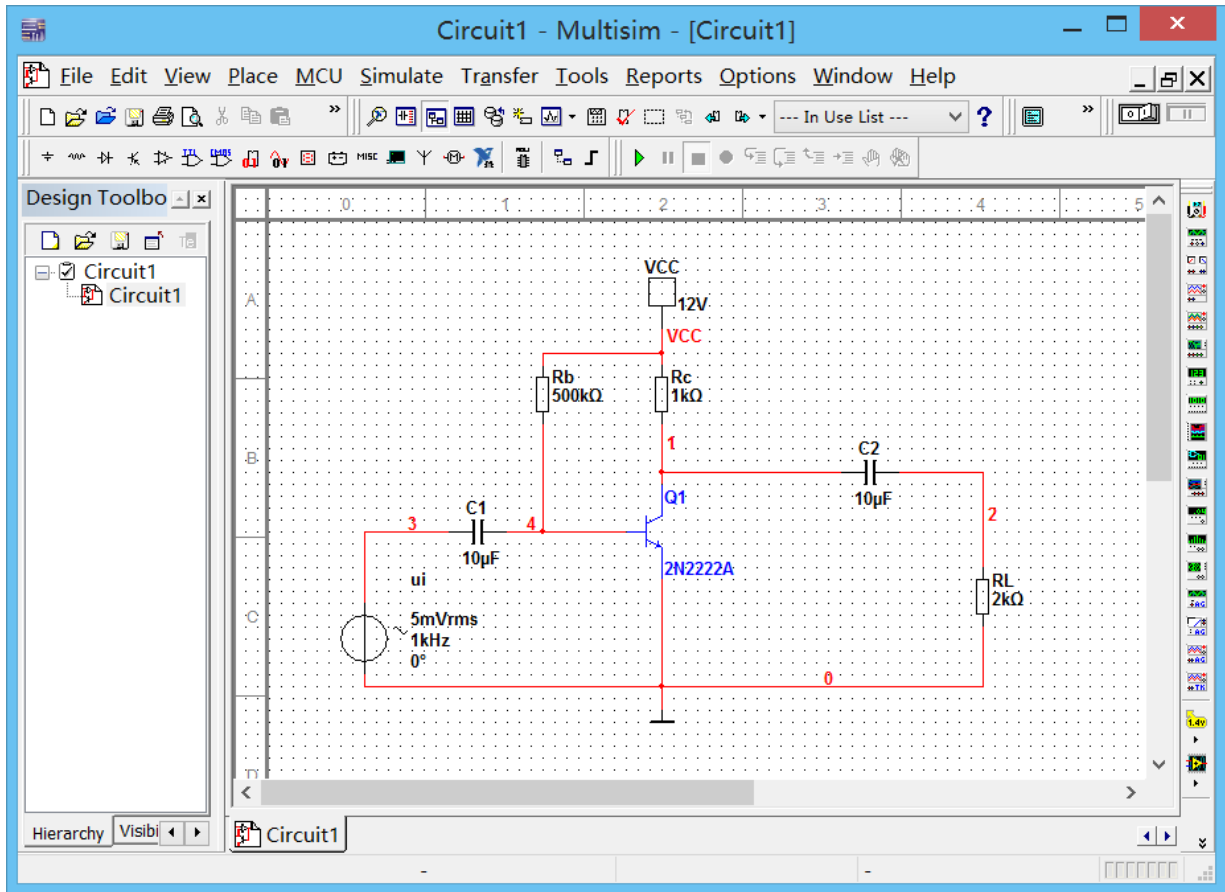


图 7.5 连接线路与自动放置接点

7.2.7 给电路增加文本

当需要在电路图中放置文字说明时，可启动菜单命令 **Edit/Place Text**，然后用鼠标点击所要放置文字的位置，即可于该处放置一个文字插入块。紧接着输入所要放置的文字，输入完成后，点击此文字块以外的地方，文字即被放置。被放置的文字块可以任意搬移，具体做法是：指向该文字块，按住鼠标左键，再移动鼠标，移至目的地后，放开左键即可完成搬移。另外，如果要删除此文

字块，则单击此文字块后，按键盘上的 Del 键即可删除之。如果要改变文字的颜色，则右击该文字块，在快捷菜单中选取 Color 命令选取所要采用的颜色。

7.3 仿真测量电路

7.3.1 用数字万用表测量静态工作点

利用数字万用表的直流电压和直流电流档可以测量静态工作点： I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 U_{BEQ} 、 U_{CEQ} 。

1. 测量 I_{BQ} 和 I_{CQ}

- 取数字万用表：单击虚拟仪表工具栏的数字万用表按钮，移动鼠标至电路窗口中合适的位置，然后单击鼠标，数字万用表图标出现在电路窗口中。用此方法取出两个数字万用表 XMM1 和 XMM2，分别放置到 R_b 和 R_c 所在支路旁边。
- 给仪表连线：删除电路中适当的连线，将 XMM1 串联到 R_b 所在支路中，将 XMM2 串联到 R_c 所在支路中，如图 7.6 所示。

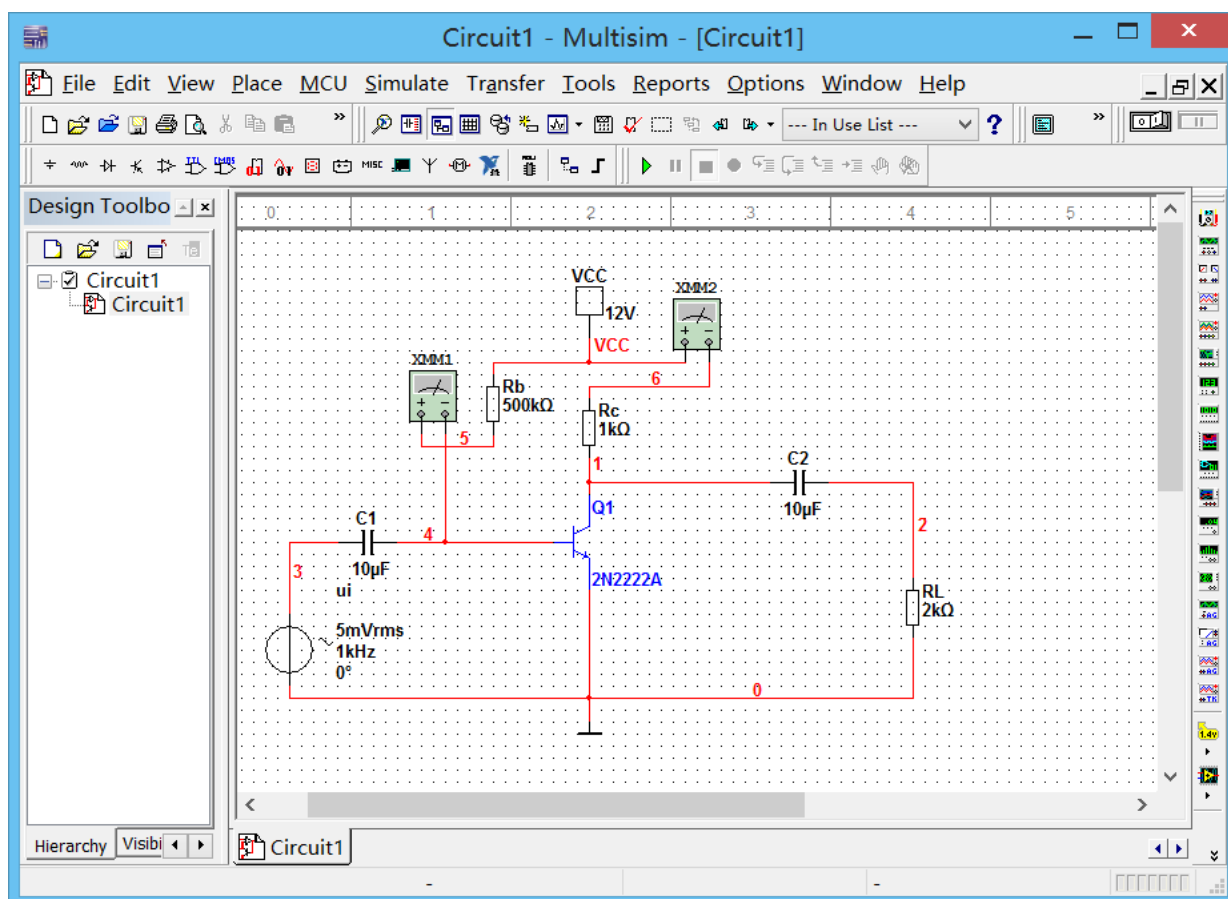


图 7.6 增加数字万用表

- 设置仪表：分别双击 XMM1 和 XMM2 图标，打开数字万用表，并将它们移至合适位置，依照 5.1 节所描述的方法将数字万用表的测量方式设置为测量直流电流，如图 7.7 所示。

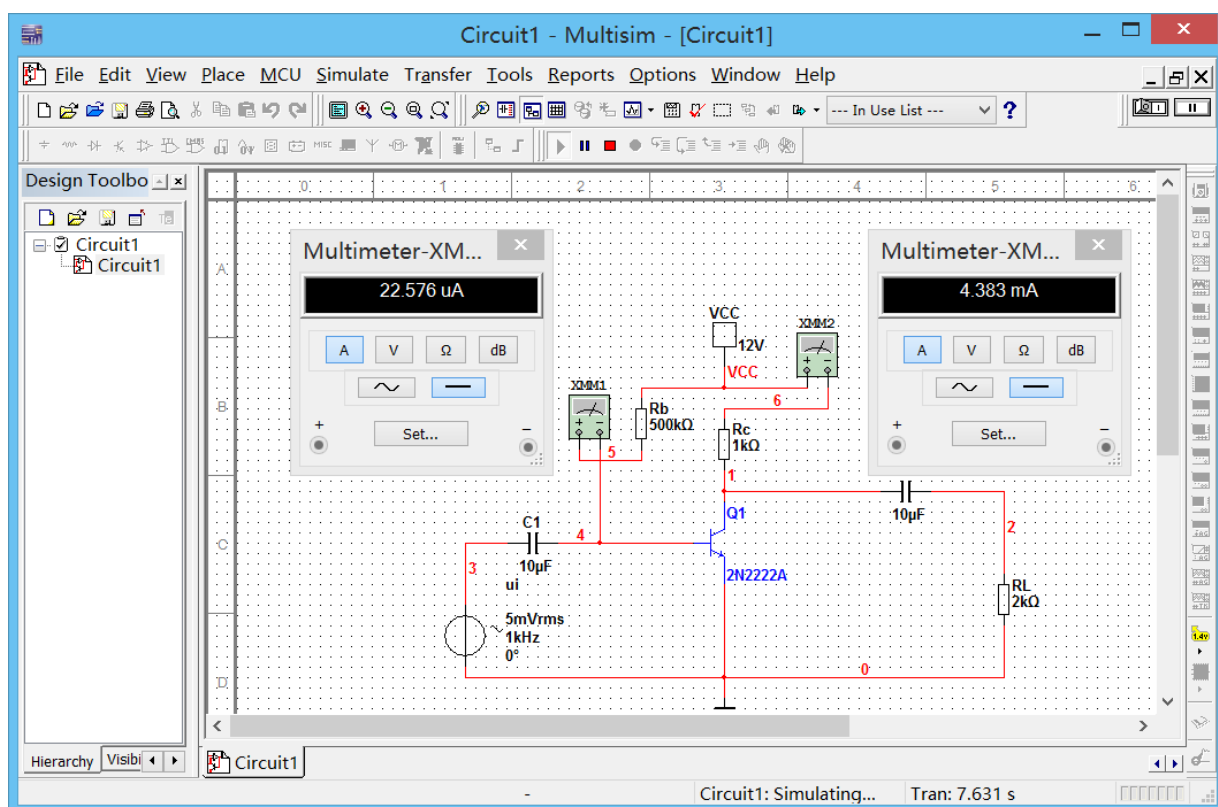


图 7.7 设置数字万用表

- 仿真测量：打开仿真开关，数字万用表即可显示出测量的 I_{BQ} 和 I_{CQ} 。

应当指出，在实测电子电路某一支路的电流时，应通过测量该支路某电阻两端电位及其阻值，通过计算得出电流。可见，仿真测量与实际测量是有区别的，学习时应特别注意这种区别。

2. 测量 U_{BEQ} 和 U_{CEQ}

- 取数字万用表：取出两个数字万用表 XMM1 和 XMM2，分别放置到晶体管两旁。
- 给仪表连线：删除电路中适当的连线，将 XMM1 并联到基极和发射极，将 XMM2 并联到集电极和发射极。
- 设置仪表：分别双击 XMM1 和 XMM2 图标，打开数字万用表，并将

它们移至合适位置，依照 5.1 节所描述的方法将数字万用表的测量方式设置为测量直流电压，如图 7.8 所示。

- 仿真测量：打开仿真开关，数字万用表即可显示出测量的 U_{BEQ} 和 U_{CEQ} ，如图 7.8 所示。

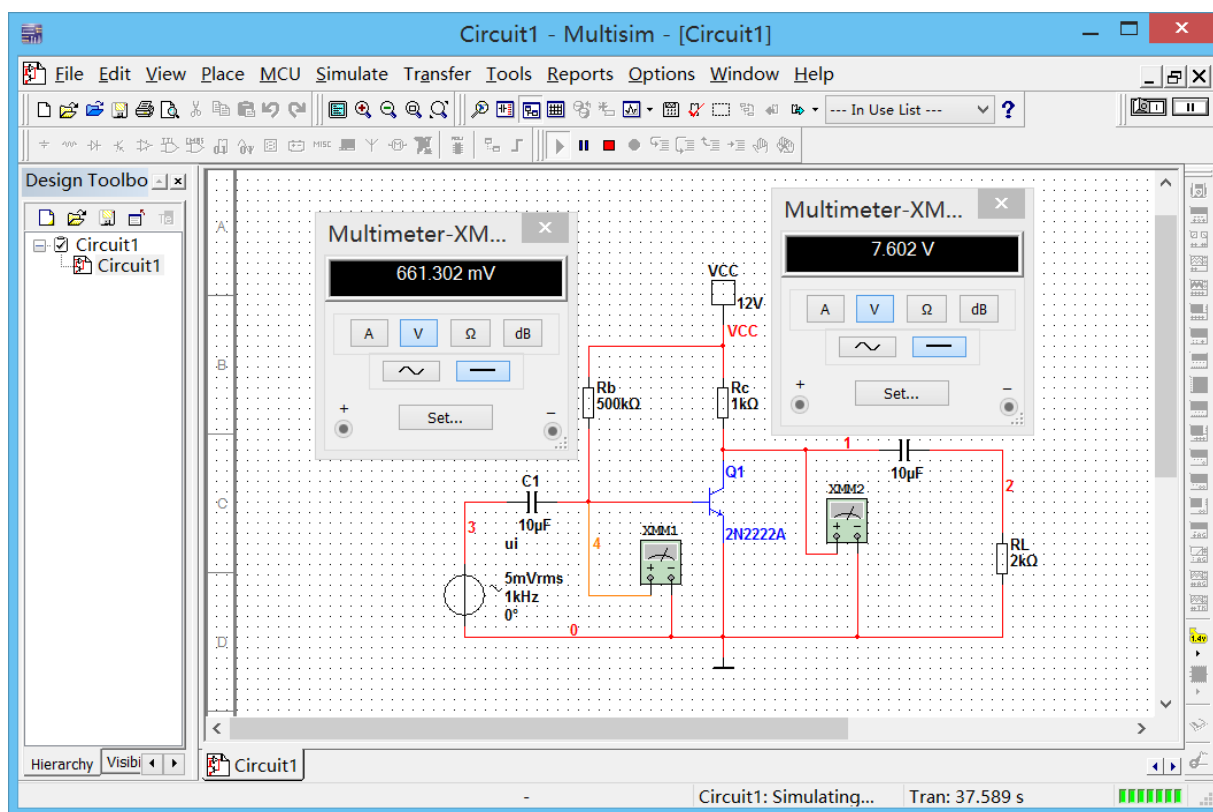


图 7.8 测量 U_{BEQ} 和 U_{CEQ}

7.3.2 用示波器观察电压波形以及测量中频电压放大倍数

- 增加示波器：单击虚拟仪表工具栏的示波器按钮，移动鼠标至电路窗口的右侧，然后单击鼠标，示波器图标出现在电路窗口中。
- 给示波器连线：将示波器图标上的 A 通道输入端子连接至信号源上端，将示波器图标上的 B 通道输入端子连接至输出端即 R_L 上端。示波器图标上的端子 Ext Trig 正极既可以与电路中的地连接，也可以不连接。

若不连接，则 Multisim 默认示波器外部触发端子 Ext Trig 与电路中的地相连。

- 改变连线颜色：右击 A 通道输入端子与信号源之间的连线，在弹出式菜单中选择 Color 命令改变该连线的颜色，以区别于 B 通道输入端子与电路输出端的连线。加入示波器后的电路如图 7.9 所示。

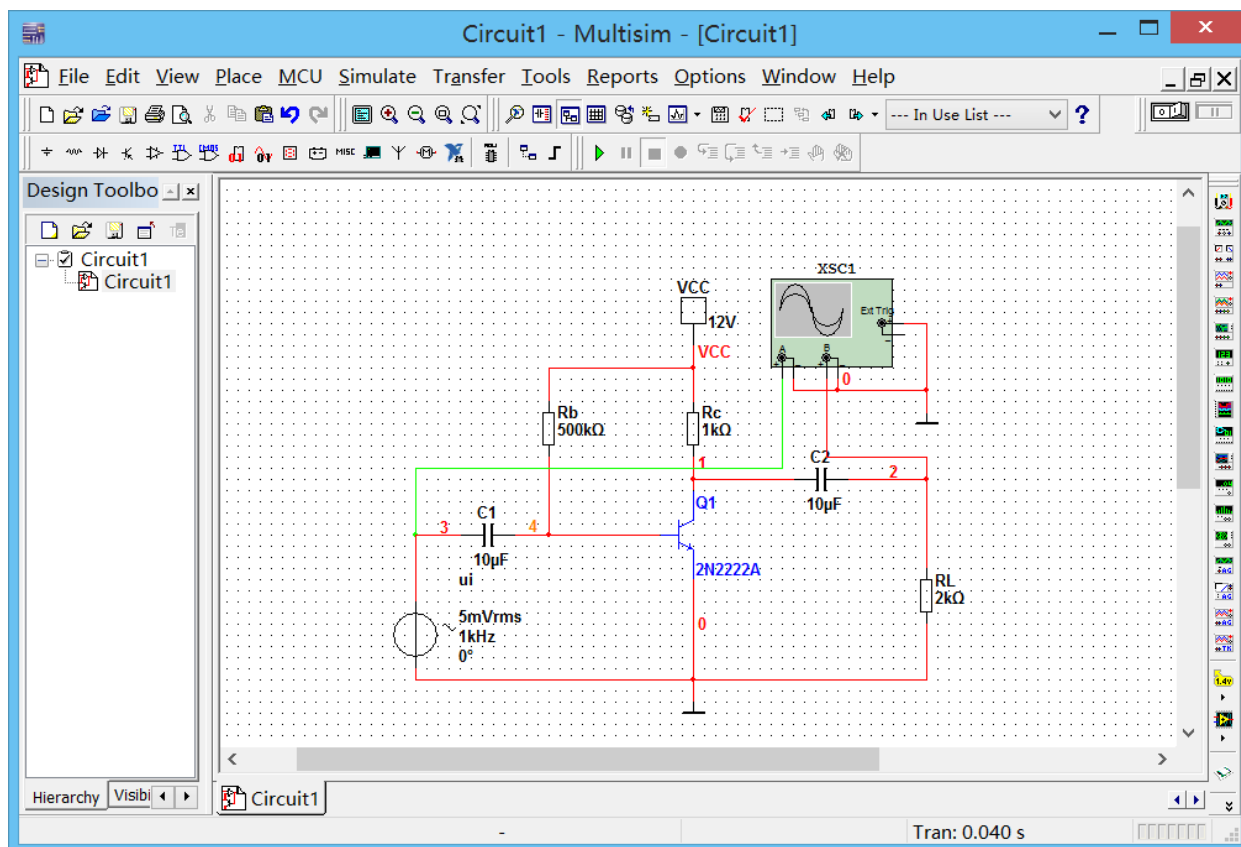


图 7.9 加入示波器后的电路

- 设置仪表：双击示波器图标，打开示波器，并将它移至合适位置，依照 5.2 节所描述的方法将示波器扫描时间 Timebase 区块的 Scale 设置为 1ms/Div，Channel A 区块的 Scale 设置为 5mV/Div，Channel B 区块的 Scale 设置为 500mV/Div。
- 仿真测量：打开仿真开关，在示波器上即可显示出输入电压和输出电

压的波形，如图 7.10 所示。由图中可以观察到输入和输出电压的波形颜色分别与电路中设置的示波器 A 通道、B 通道与电路连线的颜色一致，容易区分。另外由图中可以观察到输入和输出电压的波形相位相反。

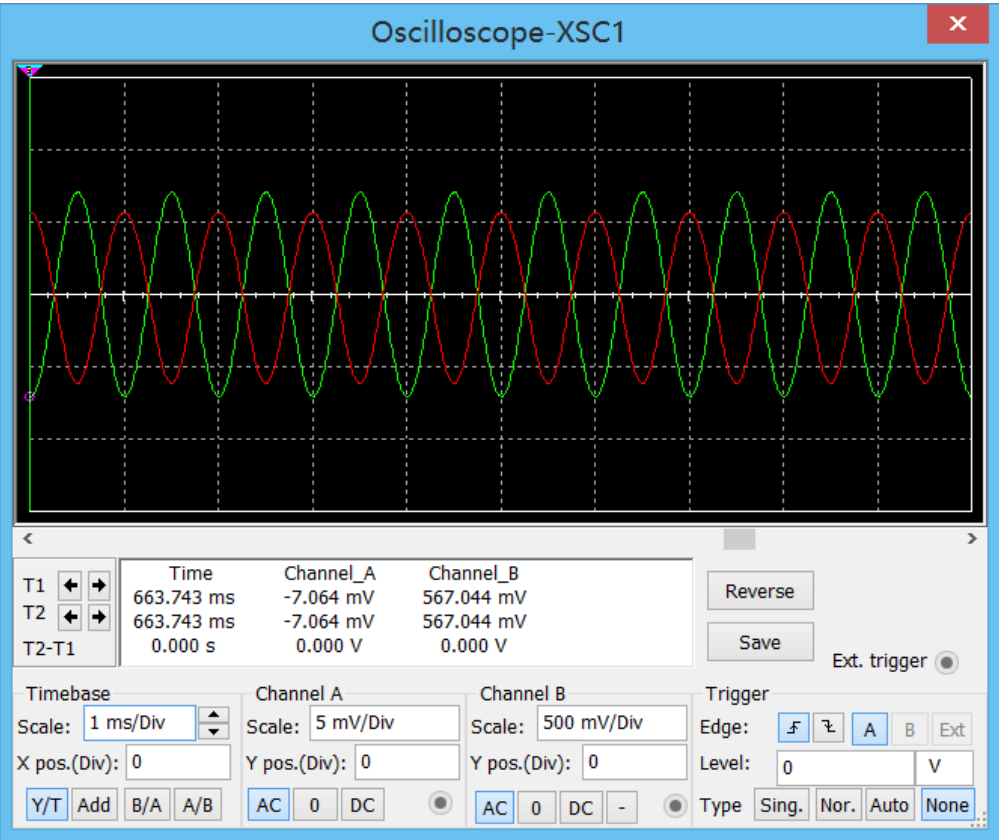


图 7.10 用示波器观察输入、输出信号波形

点击仿真开关右边的暂停按钮，分别移动示波器左右两端的光标至输入波形和输出波形的峰值点上，如图 7.11 所示。此时游标区 A、B 两通道的显示值即为输入波形和输出波形的峰值电压，由此即可计算出电压放大倍数。

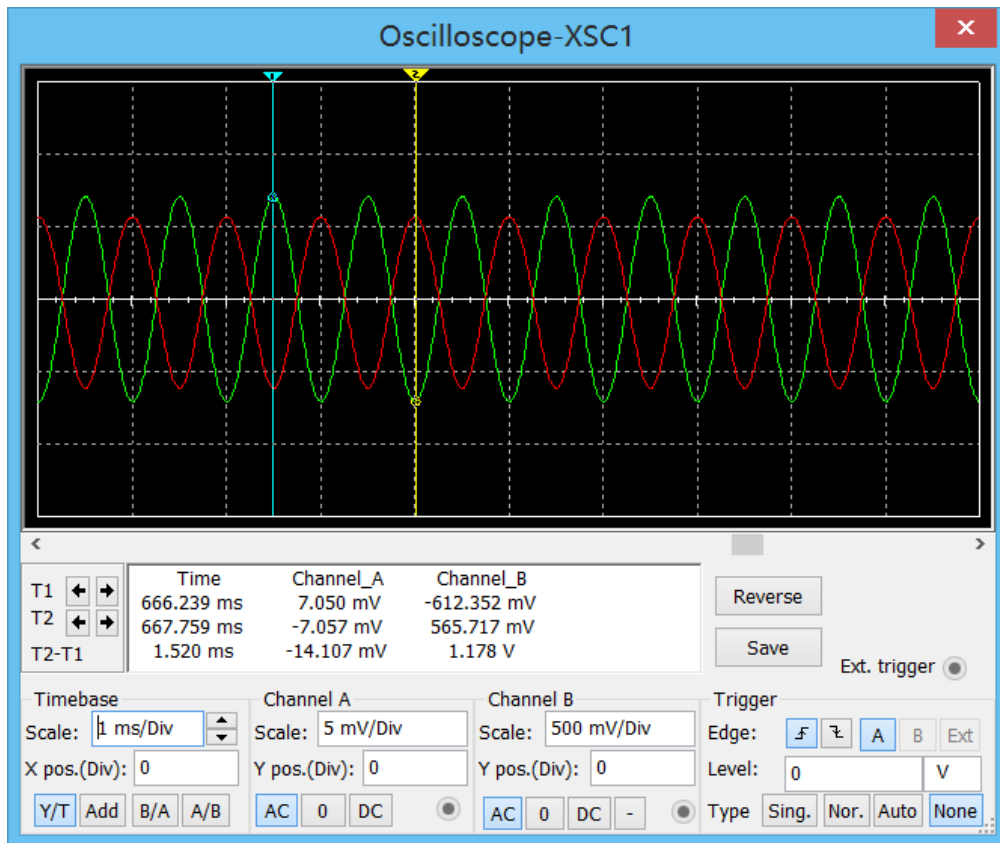


图 7.11 用示波器测量电压放大倍数

7.7.3 用波特图仪观察电压放大倍数的频率特性

- 增加波特图仪：单击虚拟仪表工具栏的波特图仪按钮，移动鼠标至电路窗口的右侧，然后单击鼠标，波特图仪图标出现在电路窗口中。
- 给波特图仪连线：将波特图仪图标上的 in 输入端子的+端子连接至信号源上端，将波特图仪图标上的 out 输出端子的+端子连接至输出端即 R_L 上端。
- 改变连线颜色：右击 in 输入端子的+端子与信号源之间的连线，在弹出式菜单中选择 Color 命令改变该连线的颜色，以区别于 out 输出端子的+端子与电路输出端的连线。加入波特图仪后的电路如图 7.12 所示

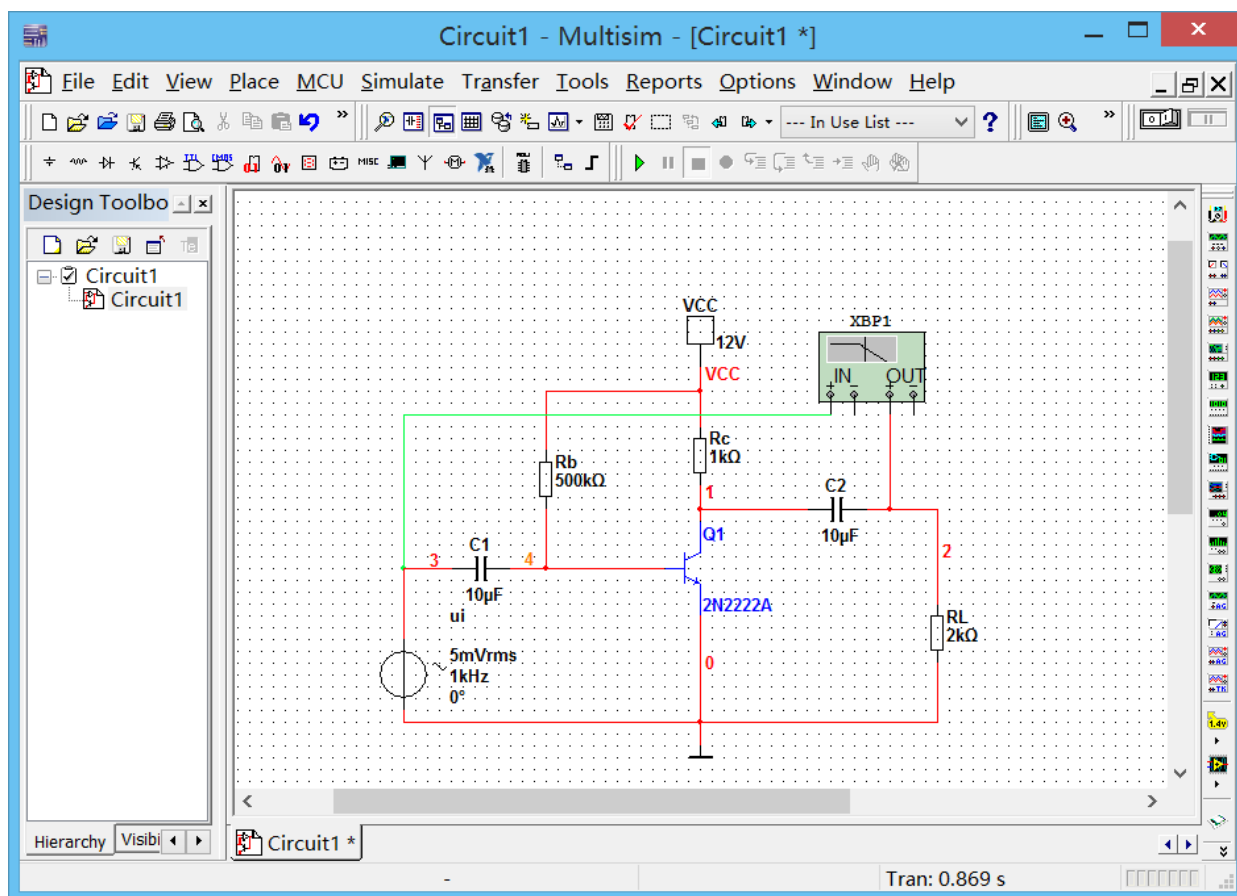


图 7.12 加入波特图仪后的电路

- 观察仿真结果：双击波特图仪图标，打开波特图仪，并将它移至合适位置。

观察幅频特性：参照 5.3 节所描述的方法，点击 **Magnitude** 按钮，在 **Horizontal** 区块点击 **Log** 按钮采对数刻度，将 **F** 字段设置为 10GHz，**I** 字段设置为 1mHz；在 **Vertical** 区块点击 **Log** 按钮采对数刻度，将 **F** 字段设置为 100dB，**I** 字段设置为 -200dB。打开仿真开关，波特图仪左边显示屏中即可显示出电路的幅频特性，如图 7.13 所示。移动光标可测量出中频电压放大倍数的分贝值、上限截止频率和下限截止频率。

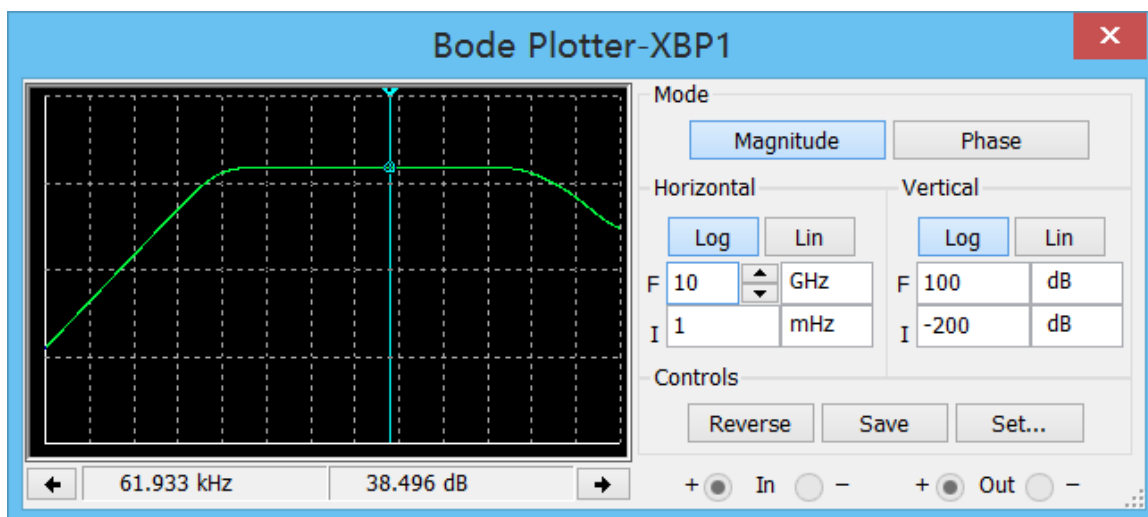


图 7.13 用波特图仪观察幅频特性

观察相频特性：参照 5.3 节所描述的方法，点击 **Phase** 按钮，在 **Horizontal** 区块点击 **Log** 按钮采对数刻度，将 **F** 字段设置为 10GHz, **I** 字段设置为 1mHz；在 **Vertical** 区块点击 **Log** 按钮采对数刻度，将 **F** 字段设置为 720Deg, **I** 字段设置为 -720Deg。打开仿真开关，波特图仪左边显示屏中即可显示出电路的相频特性，如图 7.14，移动光标可测量各频率点的相位值。

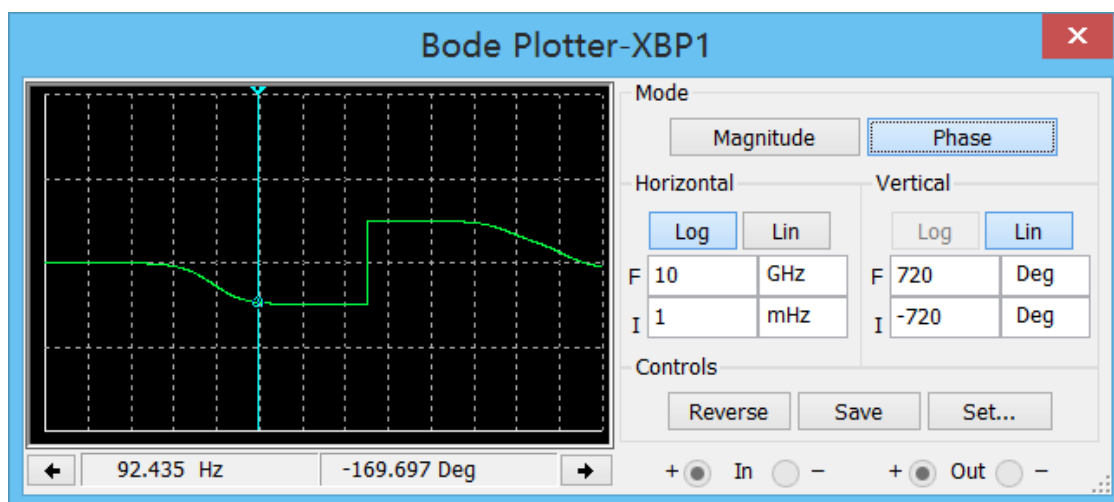


图 7.14 用波特图仪观察相频特性

7.3.4 用探针测量静态工作点

利用电压和电流类型的探针分别测量静态工作点： I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 U_{BEQ} 、 U_{CEQ} 。

- 选择探针类型，放置探针：当测量 I_{BQ} 、 I_{CQ} 时，选择探针类型为 AC current，取两个探针 probe1 和 probe2，分别拖拽到 R_b 和 R_c 所在支路上；当测量 U_{BEQ} 、 U_{CEQ} 时，选择探针类型为 AC voltage，取两个探针 probe3 和 probe4，分别放置到基极和 C_2 所在支路上。放置探针后就会显示出黄色数据显示框。
- 仿真测量：打开仿真开关，电流探针数据显示框从上而下依次是：电流峰峰值、电流有效值、直流电流值、频率；电压探针数据显示框则是：电压峰峰值、电压有效值、直流电压值、频率。如图图 7.14 所示。

探针的箭头表示支路电流方向，若与实际方向相反则电流相关值为负；如要调整箭头方向，在探针上点击右键打开探针属性菜单选择颠倒方向即可，同时还可以设置显示细节以及字体等。

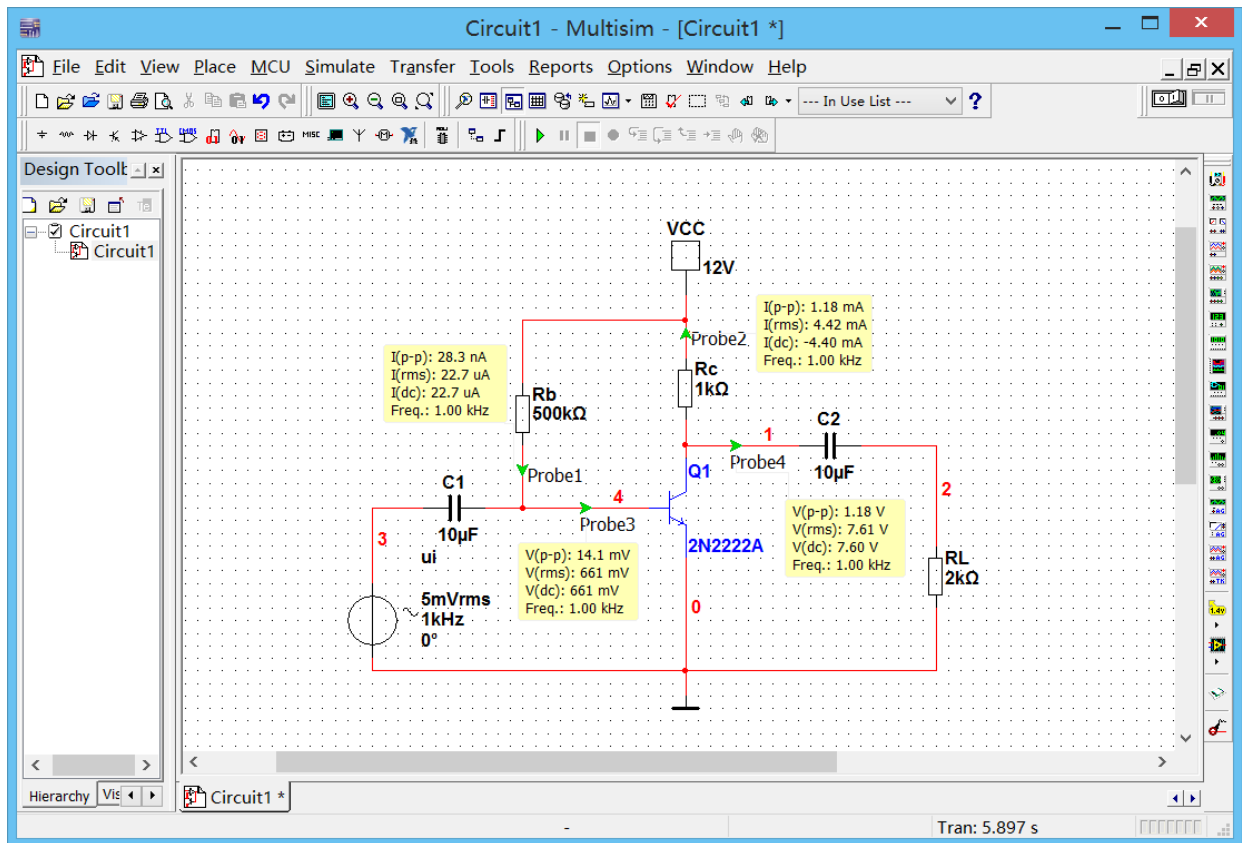


图 7.15 用探针检测电量值

7.4 分析电路

7.4.1 用静态工作点分析方法分析晶体管各电极的直流电压

- 单击设计工具栏的 Analysis 按钮，选择 DC Operating Point 分析方法。
- 参照 6.2 节，在 Output variables 页中选择节点 1 和节点 4 的电压作为分析对象，如图 7.16 所示。
- 点击 Simulate 按钮进行仿真，仿真结果如图 7.17 所示。

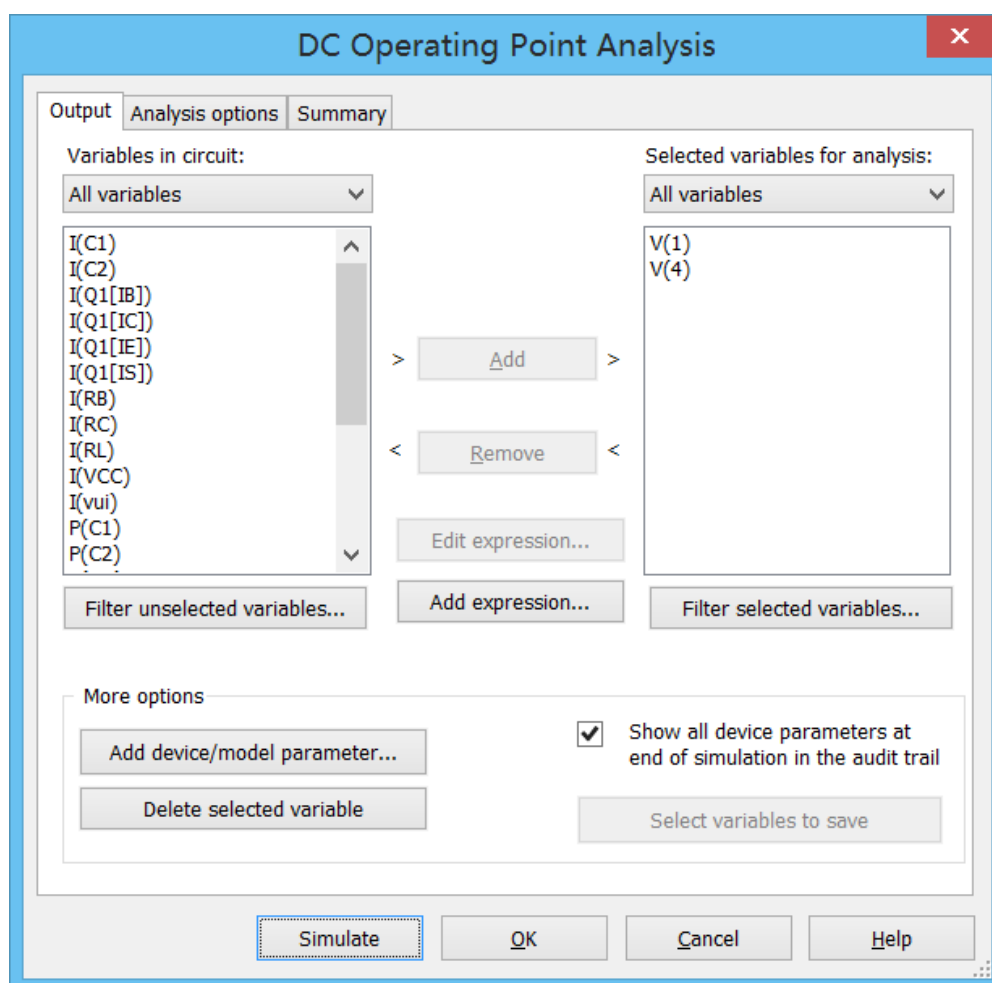


图 7.16 静态工作点分析方法参数设置

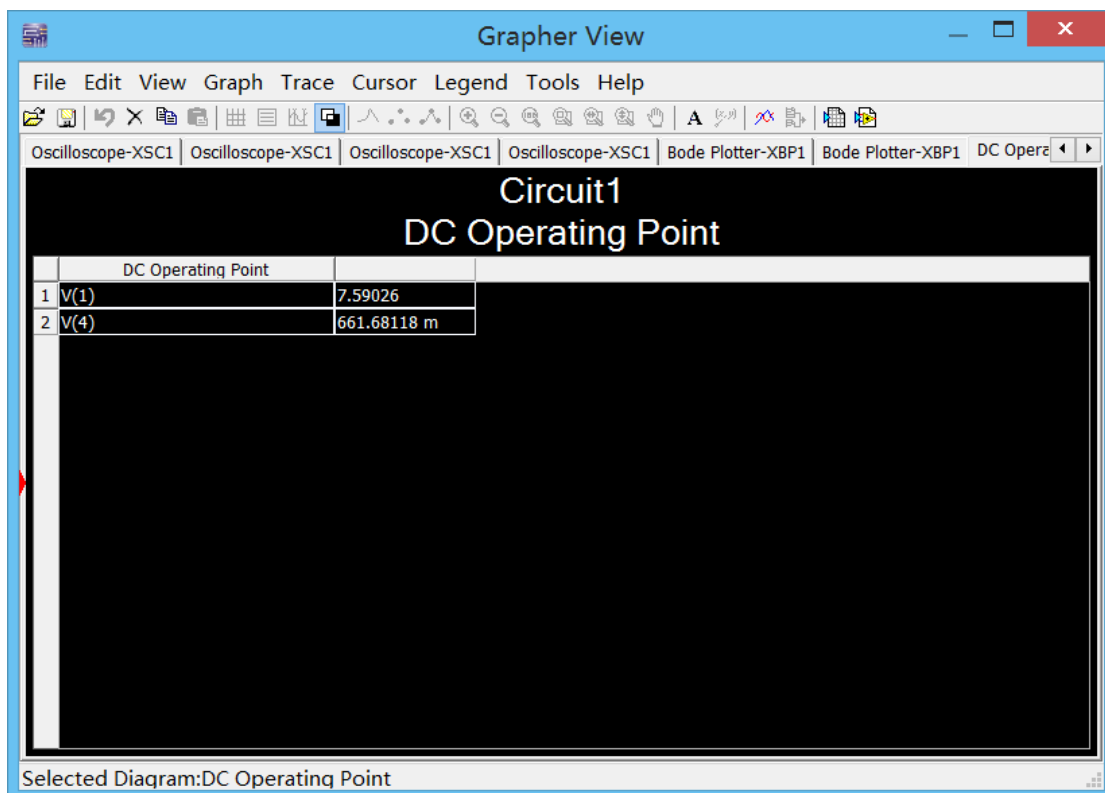



图 7.17 静态工作点分析结果

7.4.2 用交流分析观察电压放大倍数的频率响应

- 单击设计工具栏的 Analysis 按钮，选择 AC Analysis 分析方法。
- 参照 6.3 节，在 Frequency Parameters 页中设置起始频率 Start frequency 为 1Hz，终止频率 Stop frequency 为 10GHz，扫描方式 Sweep type 设定为 Decade(十倍刻度扫描)、每十倍频率的取样数量 Number of points per decade 设定为 10，垂直刻度 Vertical scale 设定为 Linear(线性刻度)。
- 参照 6.3 节，在 Output variables 页中选择节点 2 作为分析对象，如图 7.18 所示。
- 点击 Simulate 按钮进行分析，分析结果如图 7.19 所示。

- 在分析结果图中点击 Show/Hide Cursors 按钮, 可以读取波形的上各点的值, 如图 7.20 所示。

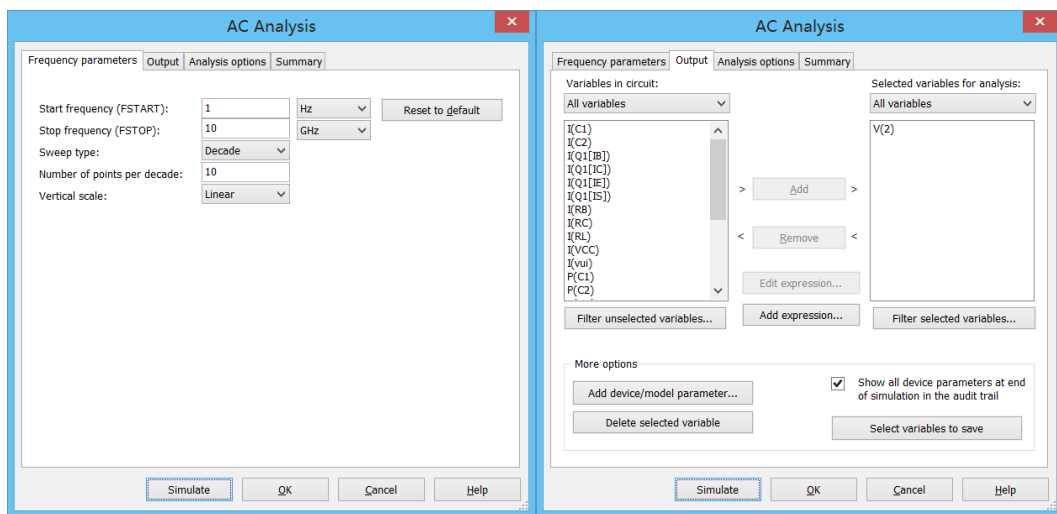


图 7.18 交流分析参数设置

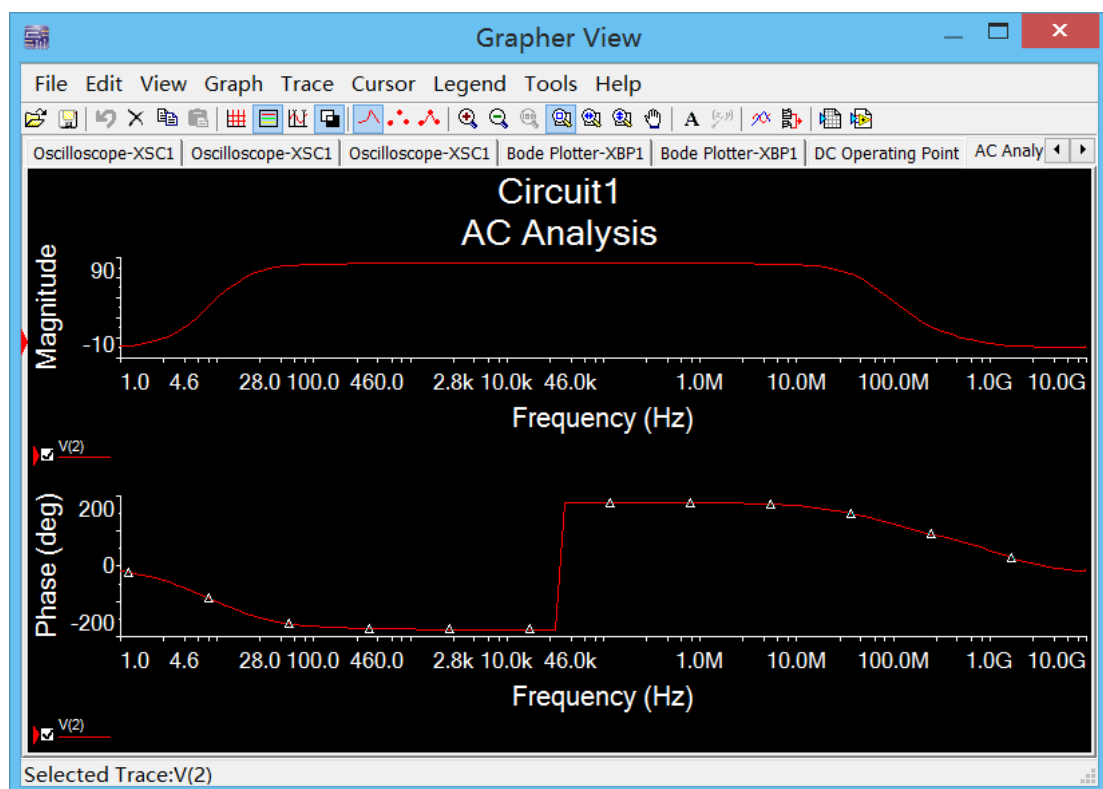


图 7.19 交流分析结果

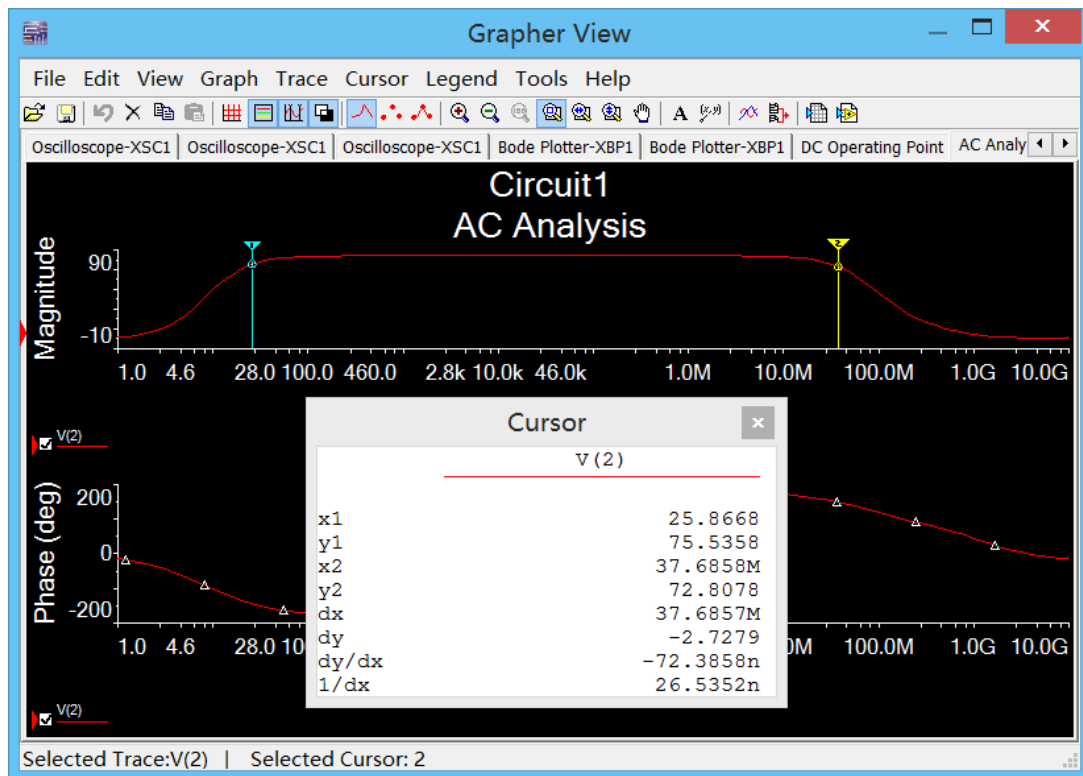


图 7.20 交流分析中 Cursor 的使用

7.4.3 用瞬态分析观察输出电压波形和分析电压放大倍数

- 单击设计工具栏的 Analysis 按钮，选择 Transit Analysis 分析方法。
- 参照 6.4 节，在 Output variables 页中选择节点 2 作为分析对象。
- 点击 Simulate 按钮进行分析，分析结果如图 7.21 所示。

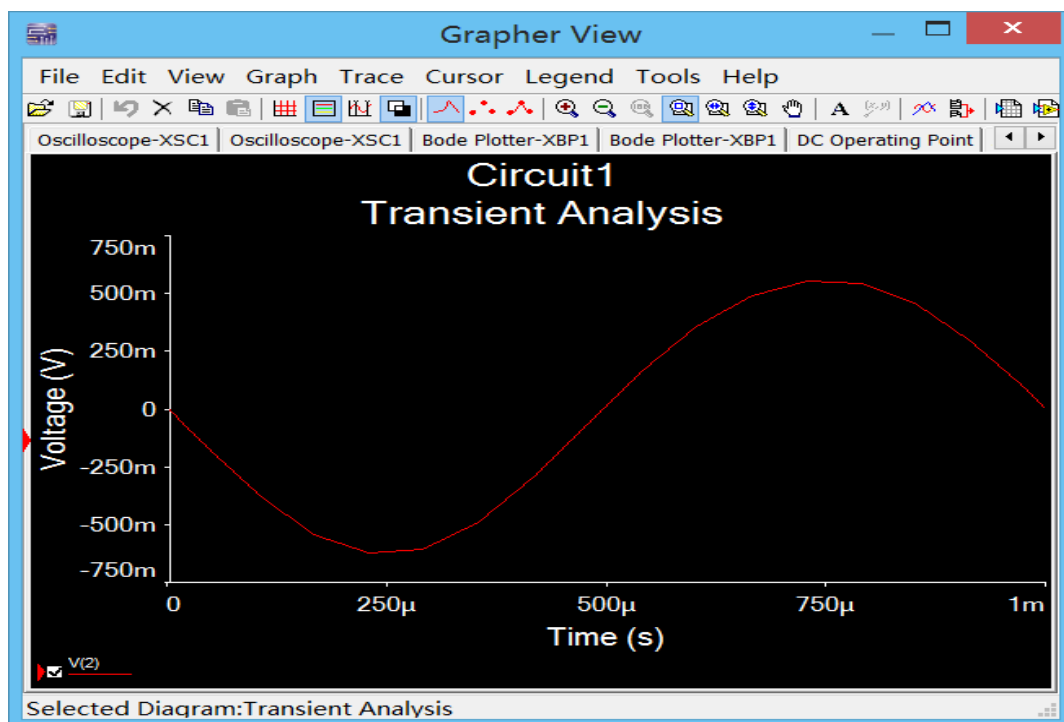



图 7.21 瞬时分分析结果

- 在分析结果图中点击 Show/Hide Cursors 按钮 , 可以读取波形峰值, 从而计算出电压放大倍数。

7.4.4 用传递函数分析计算输入电阻和输出电阻

- 单击设计工具栏的 Analysis 按钮, 选择 Transfer Function 分析方法。
- 参照 6.6 节, 在 Analysis Parameters 页中选择 Input source 为直流电压源 VCC; 选择 Output nodes/source 的 Voltage 项, 其中输出节点 Output node 选择节点 1, 参考节点 Output reference 选择节点 0。
- 点击 Simulate 按钮进行分析, 分析结果如图 7.22 所示。

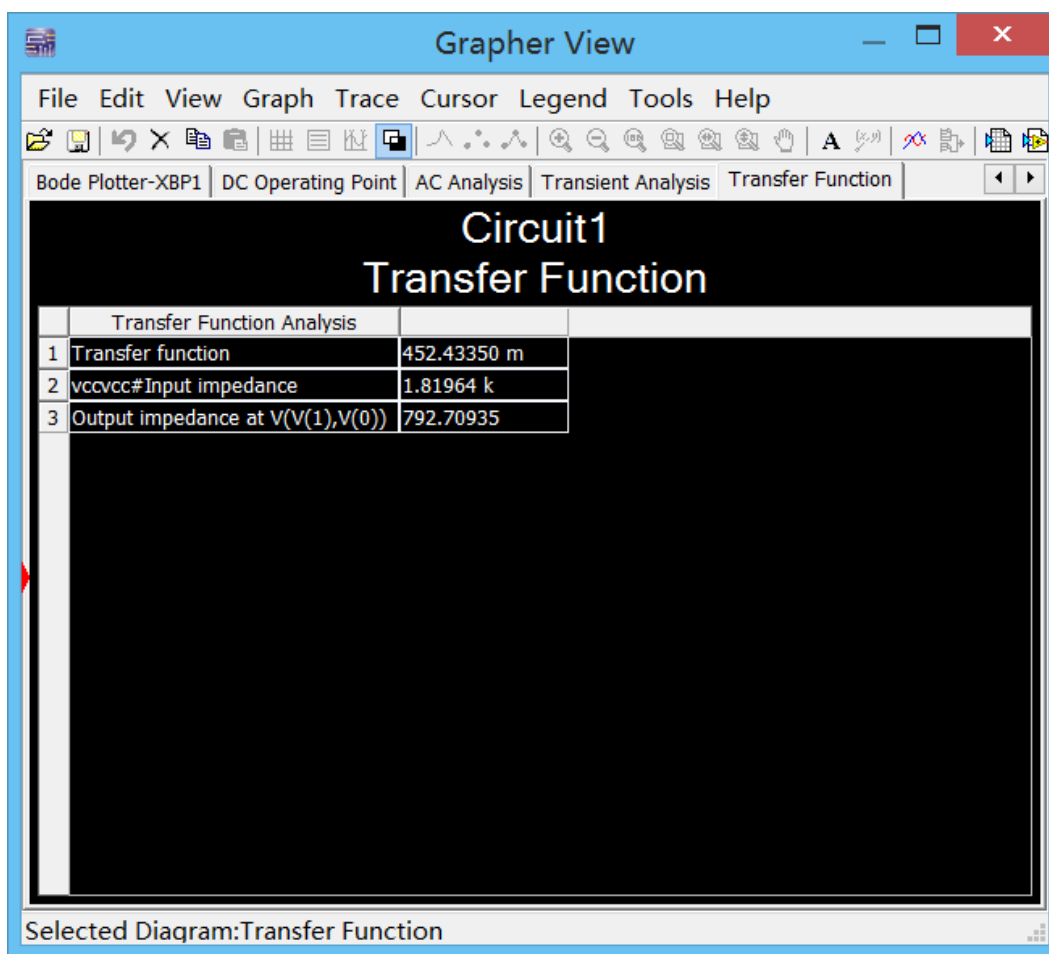



图 7.22 传递函数分析结果

7.4.5 用直流扫描分析直流电源对晶体管基极电位的影响

- 单击设计工具栏的 Analysis 按钮，选择 DC Sweep 分析方法。
- 参照 6.6 节，在 Analysis Parameters 页中选择电压源 source 为 V_{cc} (即选择 vcc)，选择起始电压值 Start value 为 0V，终止电压值 Stop value 为 12V，步长 Increment 为 0.1V。
- Output variables 页中选择节点 4 扫描分析对象。
- 点击 Simulate 按钮进行分析，分析结果如图 7.23 所示。
- 在分析结果图中点击 Show/Hide Cursors 按钮 ，可以读取波形各点的值。

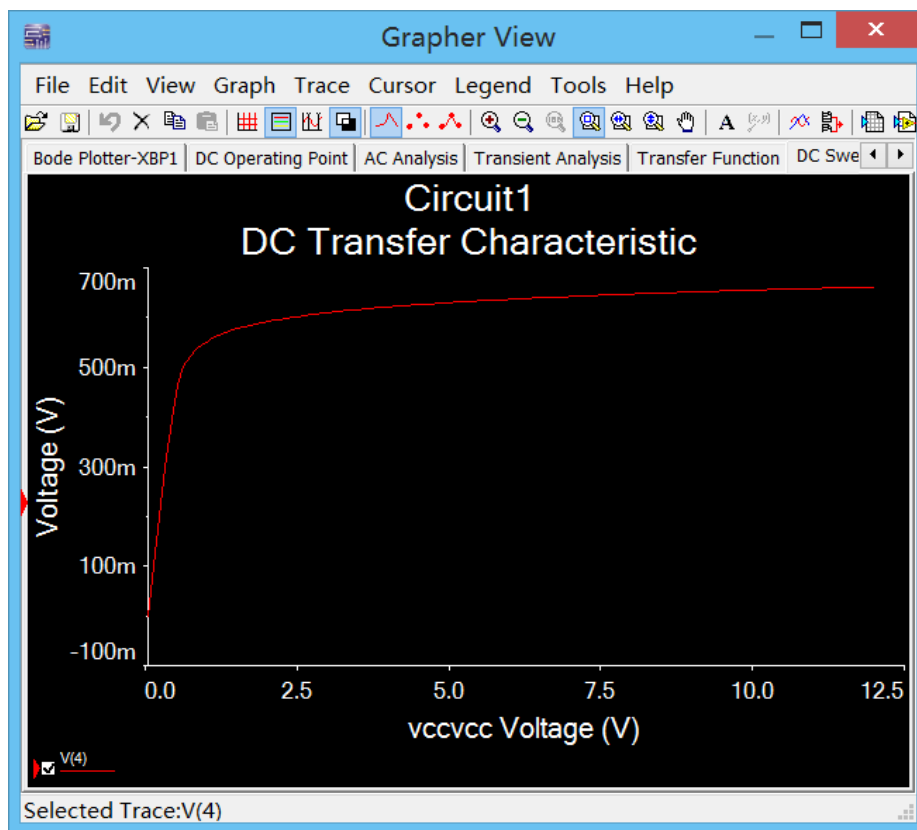



图 7.23 直流扫描分析结果

7.4.6 单频交流分析放大电路电压放大倍数

- 单击主工具栏的  Analysis 按钮，选择 Single frequency AC Analysis 分析方法。
- 弹出如图 7.24 所示对话框，在 Frequency Parameters 页中设置频率 Frequency 为 1kHz，在 Output 区块中将 Complex number format 项设置为 Magnitude/Phase（即幅值/相位），如图 7.24 所示。
- 参照 6.3 节，在 Output 页中点击 Add expression 按钮选择节点 2、3 作为分析对象，并设置电压放大倍数表达式为 $V(2)/V(3)$ ，如图 7.25 所示。
- 点击 Simulate 按钮进行分析，分析结果如图 7.25 所示，表中显示出

V(2)和 V(3)的幅值比及相位差。

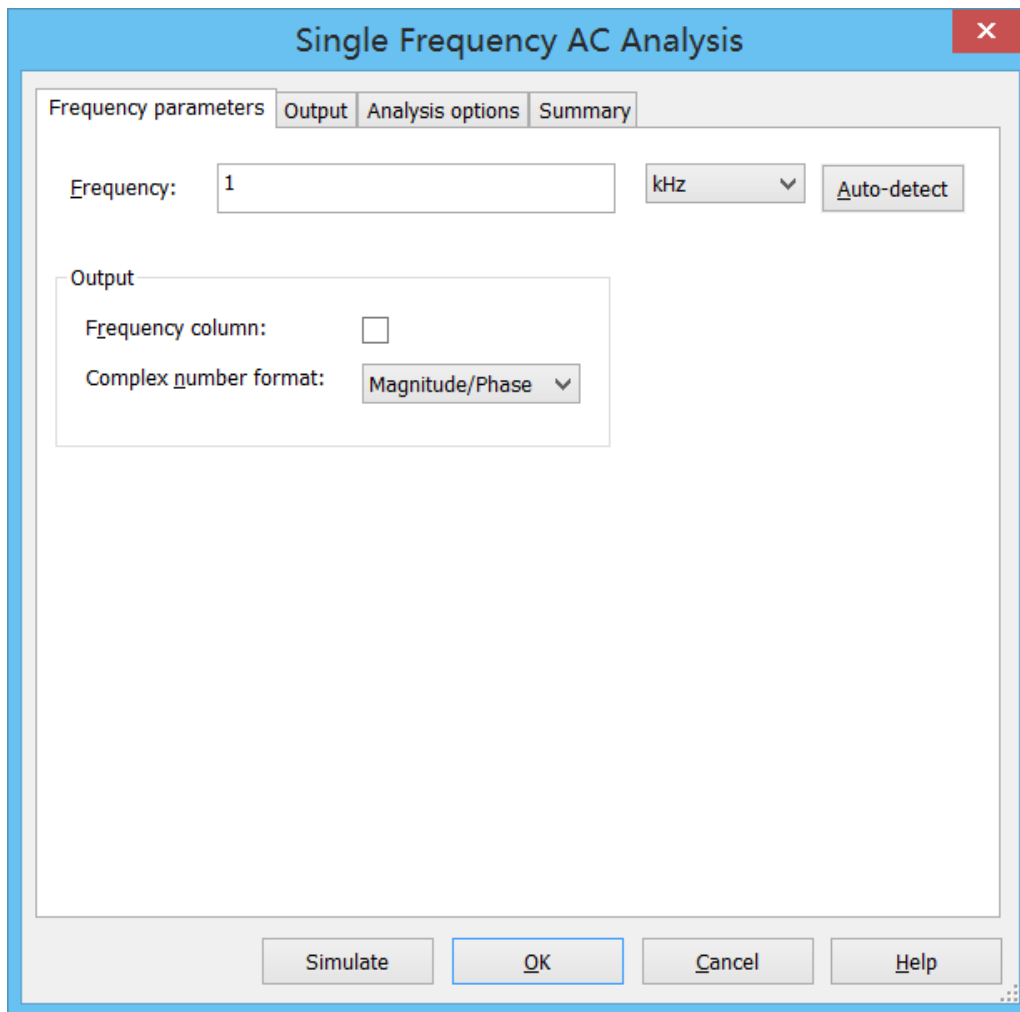


图 7.24 单频分析中 Frequency parameters 页设置

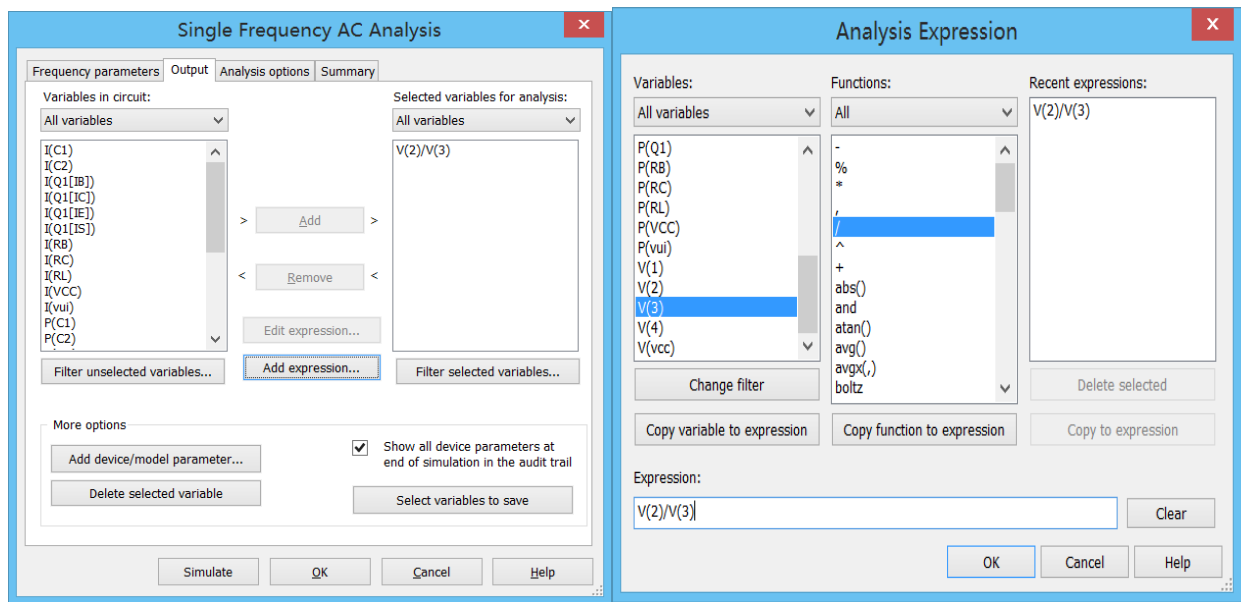


图 7.25 单频分析中 Output 页设置

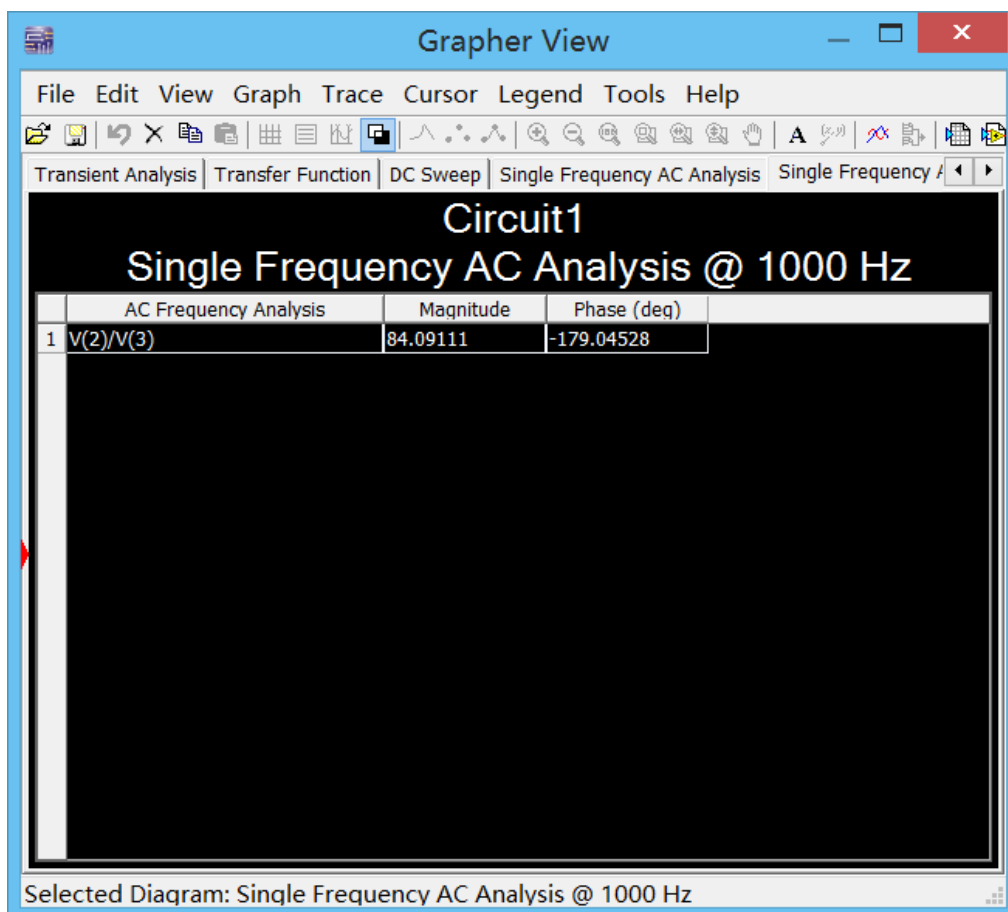


图 7.26 单频扫描分析结果