## 第3章 Multisim 电路仿真软件介绍

Multisim 是电子设计自动化仿真软件。20 世纪 80 年代,由加拿大 IIT (Interactive Image Technologies) 公司推出初期的 EWB (Electronics WorkBench)。2000 年后逐步升级并改名 为 Multisim,目前归属于美国 NI 公司,其最新版本为 Multisim 14。

利用 Multisim 可以实现计算机仿真设计与虚拟实验,与传统的电子电路实验方法相比, 具有如下特点:设计与实验可以同步进行,可以边设计边实验,修改调试方便;设计和实 验用的元件及测试仪器仪表齐全,可以完成各种类型的电路设计与实验;可以方便地对电 路参数进行测试和分析;可以直接打印输出实验数据、测试参数、电路原理图;实验中不 消耗实际的元件,实验所需元件的种类和数量不受限制,实验成本低,实验速度快,效率 高;设计和实验成功的电路可以直接在产品中使用。Multisim 软件克服了传统的电子产品 设计受实验室客观条件限制的局限性,用虚拟的元件搭建各种电路,用虚拟的仪表进行各 种参数和性能指标的测试,已经成为电子工程师和高等院校电子类专业学生必须掌握的基 本工具。本书以 Multisim 12.0 版本为例,简要说明其使用方法。

## 3.1 Multisim 的基本界面

运行 Multisim 程序后,出现 Multisim 基本界面。注意,刚打开的基本界面中没有电路 图,这里假设已打开了一个电路文件,如图 3-1 所示。



从图 3-1 中可以看出, Multisim 基本界面主要由菜单栏、标准工具栏、视图工具栏、 主工具栏、元件工具栏、仿真工具栏、仪表工具栏、仿真开关、设计工具箱、电路窗口、 电子表格视图等组成,下面分别进行介绍。

#### 1. 菜单栏

与其他 Windows 应用程序相似, Multisim 12.0 的菜单栏提供了本软件几乎所有的功能 命令。如图 3-2 所示,菜单栏从左向右是文件、编辑、视图、绘制、MCU、仿真、转移、 工具、报告、选项、窗口和帮助共 12 个主菜单项。下面对各个菜单项加以说明,对于与 Windows下的其他应用软件基本相同的命令,则不再详述。

# 文件(E) 编辑(E) 视图(V) 绘制(P) MCU(M) 仿真(S) 转移 (n) 工具(T) 报告(R) 选项(O) 窗口(W) 帮助(H) 图 3-2 菜单栏

(1)"文件"菜单:用于 Multisim 所创建电路文件的管理。

(2)"编辑"菜单:主要对电路窗口中的电路或元件进行删除、复制或选择等操作。

(3)"视图"菜单:用于放大或缩小设计电路,显示或隐藏电路窗口中的某些内容(如工具栏、网格等)。

- 网格:显示或隐藏网格,有助于所选元件放在正确的位置。
- 设计工具箱:显示或隐藏设计工具箱。
- 电子表格视图:显示或隐藏电子表格视图。
- 工具栏: 打开次级工具栏菜单选项卡,可以选择显示或隐藏各种工具栏。
- 图示仪:打开或关闭图示仪视图。

(4)"绘制"菜单:用于在电路窗口中放置元件、节点、总线、连接器、文本或图形等。

认为

版权所有

- 元件: 在电路窗口中放置元件。
- 节点: 放置一个节点。
- 导线: 放置导线。
- 总线: 放置创建的总线。
- 连接器:放置电路连接器。
- 新建层次块: 创建新的层次模块。
- 层次块来自文件:从文件中选择层次模块。
- 用层次块替换: 层次模块替换。
- 微处理器用支电路替换:子电路替代。
- 注释:放置标注。
- 文本: 放置文本。
- 图形:制图。
- 标题块: 放置标题块。
- (5) MCU 菜单: 主要用于微处理器的运行及断点调试设置。
- (6) 仿真菜单: 仿真的设置与操作。
- 运行: 启动当前电路的仿真。
- 暂停: 暂停当前电路的仿真。
- 停止:停止当前电路的仿真。

- 仪器:在当前电路窗口中放置万用表、示波器等仪表。
- 交互仿真设置: 交互仿真设置。
- 混合模式仿真设置: 对含数字元件的电路仿真进行设置。
- 分析: 对当前电路分析所选用的方法。
- 后处理器: 对电路分析进行后处理。
- 仿真错误记录信息窗口: 仿真误差记录/查账索引。
- XSPICE 命令行界面:显示 Xspice 命令行窗口。
- 加载仿真设置:导入仿真设置。
- 保存仿真设置:保存仿真设置。
- 自动故障选项:用于选择电路元件发生故障的数目和类型。
- 动态探针属性:设置动态测量探针属性。
- 清除仪器数据:清除仪器数据。
- 使用容差:设置元件的容差。

(7)"转移"菜单:用于将 Multisim 的电路设计文件或仿真结果输出到其他应用软件。

- 转移到 Ultiboard: 传递到 Ultiboard。
- 导出到其他 PCB 布局文件: 传送给其他印刷电路板设计软件。
- 导出 SPICE 网表: 输出含有元件连接信息的网络表。

(8)"工具"菜单:用于编辑或管理元件库或元件。

- 元件向导:元件编辑向导。
- 数据库:元件数据库管理。
- 电路向导: 555 定时器、滤波器、运算放大器、晶体管放大器创建向导。
- SPICE 网表查看器: 重新生成、保存及复制 SPICE 网表。
- 元件重命名/重新编号:更新电路图上的元件名及编号。
- 更新电路图上的元件:升级电路设计中的元件。
- 电器法则查验: 电气特性规则检查。
- 清除 ERC 标记:清除 ERC 标志。
- 符号编辑器: 打开符号编辑器。
- 标题块编辑器: 打开标题块编辑器。
- 描述框编辑器: 打开描述窗口编辑器。
- 捕获屏幕区:设置抓图区域。
- 在线设计资源:在线资源网站。
- (9)"报告"菜单:产生当前电路的各种报告。
- 材料单:产生当前电路文件的元件清单文件。
- 元件详细报告:产生特定元件存储在数据库中的所有信息。
- 网表报告:产生含有元件连接信息的网表文件。
- 交叉引用报表: 当前电路窗口中所有元件的详细参数报告。
- 原理图统计数据: 电路图的统计信息。
- 多余门电路报告: 电路图中未使用元件门的报告。

(10)"选项"菜单:用于定制电路的界面和某些功能的设置。

- 全局偏好: Multisim 的全局参数设置。
- 电路图属性: 电路图页面参数设置。

又所有

- 锁定工具栏:锁定工具栏。
- 自定义界面: 定制用户界面。

(11)"窗口"菜单:用于控制窗口显示的命令,与其他 Windows 窗口命令类似。(12)"帮助"菜单:为用户提供使用指导帮助。"F1"键为 Multisim 帮助。

#### 2. 标准工具栏

标准工具栏如图 3-3 所示。其中,各个按钮的名称及功能与 Windows 基本相同,可以进行新建、打开、存盘、复制、粘贴等操作。



## 图 3-3 标准工具栏

#### 3. 视图工具栏

视图工具栏主要完成全屏显示、图面放大、缩小等功能,如图 3-4 所示。

•	Q	0	Q,	

#### 图 3-4 视图工具栏

#### 4. 主工具栏

主工具栏是 Multisim 的核心部分,包含了有关电路的建立、仿真、分析并最终输出设计数据,如图 3-5 所示。

图 3-5 主工具栏

#### 5. 仿真开关

仿真开关栏主要用于仿真过程的控制,如图 3-6 所示。



图 3-6 仿真开关

#### 6. 仿真工具栏

仿真工具栏主要用于仿真的开始、暂停、结束,以及微处理器调试时的断点设置、程 序运行等,如图 3-7 所示。



图 3-7 仿真工具栏

#### 7. 元件工具栏

Multisim 12.0 把所有的元件分成 18 类库,再加上分层模块、总线等共同组成元件工具 栏,元件工具栏通常位于菜单的下方,呈水平状(见图 3-8),也可以用鼠标将其拖曳至电 路窗口的左边,呈竖条状。

≠ ┉ 秒 Ҟ ֆ ฿ ฿ ฿ 🖞 🖗 🖪 😇 ʰ▫▫ 🔳 Ү 👁 🟋 🔋 📲 ե 🕇

#### 图 3-8 元件工具栏

元件工具栏从左向右是源库(Source)、基本元件库(Basic)、二极管库(Diode)、晶体管库(Transistor)、模拟元件库(Analog)、TTL元件库(TTL)、CMOS元件库(CMOS)、数字元件库(Miscellaneous Digital)、混合元件库(Mixed)、指示器库(Indicator)、功率元件库(Power)、其他元件库(Miscellaneous)、高级外设库(Advanced Peripherals)、射频元件库(RF)、机电类元件库(Electromechanical)、NI元件库(NI)、连接器库(Connector)、微处理器库(MCU)、分层模块、总线。

#### 8. 仪表工具栏

Multisim 12.0 提供了 21 种仪表, 仪表工具栏通常位于电路窗口的右边, 也可以用鼠标 将其拖曳至菜单的下方, 呈水平状, 如图 3-9 所示。

#### 图 3-9 仪表工具栏

仪表工具栏从左向右是数字万用表(Multimeter)、函数信号发生器(Function Generation)、瓦特表(Wattmeter)、双踪示波器(Oscilloscope)、4 通道示波器(4 Channel Oscilloscope)、波特图仪(Bode Plotter)、频率计数器(Frequency Counter)、字信号发生器(Word Generator)、逻辑转换器(Logic Converter)、逻辑分析仪(Logic Analyzer)、IV分析仪(IV-Analysis)、失真分析仪(Distortion Analyzer)、频谱分析仪(Spectrum Analyzer)、网络分析仪(Network Analyzer)、安捷伦函数信号发生器(Agilent Function Generation)、安捷伦数字万用表(Agilent Multimeter)、安捷伦示波器(Agilent Oscilloscope)、泰克示波器(Tektronix Oscilloscope)、动态测量探针(Measurement Probe)、LabVIEW 仪器(LabVIEW)和电流探针(Current Probe)。

#### 9. 设计工具箱

设计工具箱列出了电路设计的层次结构及项目视图等,该工具箱可根据需要选择显示 或隐藏。

#### 10. 电子表格视图

电子表格视图可以列出仿真结果及元件列表等,该视图可根据需要选择显示或隐藏。

#### 11. 电路窗口

电路窗口是创建、编辑电路图,仿真分析,波形显示的区域,也是 Multisim 的主窗口。该窗口中设计电路可通过视图工具栏放大缩小,也可通过鼠标滚轮的前进、后退进行调整。

## 3.2 Multisim 的元件

电路是由不同元件组成的,要对电路进行仿真,组成电路的每个元件必须有自己的仿 真模型,元件仿真模型的数量将直接影响该仿真软件的仿真范围,元件仿真模型的精确程 度将影响仿真的准确性。Multisim 仿真软件把有仿真模型的元件组合在一起构成元件库, 元件库中每个元件模型都含有建立电路图所需的元件符号、仿真模型、元件封装及其他电 气特性。

Multisim 含有 3 个元件库,分别是主数据库(Master Database)、企业数据库(Corporate Database)和用户数据库(User Database)。主数据库是由软件本身提供的主元件库,用户可以直接调用。主元件库中以欧美系的元件为主,常用的韩日系元件很少,尤其是晶体管,如常用的 90 系列晶体管只能自己创建。企业数据库用于多人共同开发时建立共有的元件库,而用户数据库用于存放自己创建的元件,或者经常使用的元件及已修改参数的元件。用户数据库和企业数据库在 Multisim 使用之初是空的,只有在创建或修改了元件并存放于该库后才能有元件供调用。

Multisim 的主元件库把元件分成 18 类,再加上分层模块、总线等共同组成元件工具栏, 如图 3-8 所示。主元件库中所含元件如表 3-1 所示。

图 标	名 称	功能
÷	源库	含接地、直流信号源、交流信号源、受控源等7类
-00-	基本元件库	含电阻、电容、电感、变压器、开关、负载等 16 类
-₩	二极管库	含虚拟、普通、发光、稳压二极管、桥堆、可控硅等14类
ж	晶体管库	含双极型管、场效应管、复合管、功率管等21类
⇒	模拟集成电路库	含虚拟、线性、特殊运放和比较器等10类

表 3-1 主元件库所含元件类型

(续表)

图 标	名 称	功能
<b>\</b>	TTL 数字集成电路库	含 74 的 TTL 器件等 9 类
訋	CMOS 数字集成电路库	含 74HCXX 和 CMOS 器件等 14 类
<mark>5</mark> .	数字器件库	含 DSP、FPGA、PLD、CPLD 器件等 11 类
ÔΨ	混合元件库	含 ADC / DAC、555 定时器、模拟开关等 6 类
Ξ.	指示器库	含电压表、电流表、指示灯、数码管等8类
Ð	功率元件库	含功率控制器、开关、电压校准器、继电器驱动器、保险丝等 12 类
MISC	其他元件库	含晶振、集成稳压器、电子管等 14 类
	高级外设库	含键盘、LCD显示屏、终端、周边设备等4类
Ψ	射频元件库	含射频 NPN、射频 PNP、射频 FET 等 8 类
ģ	机电类元件库	含各种开关、继电器、电机等8类
ů,	微控制器库	含 51 系列、PIC、RAM、ROM 等 4 类

下面对 14 类元件库在电路与信号分析实验中常用的元件进行简要介绍。

#### 3.2.1 源库

源库(Sources)有7类,分别是电源(POWER\_SOURCES)、电压信号源(SIGNAL\_ VOLTAGE\_SOURCES)、电流信号源(SIGNAL\_CURRENT\_SOURCES)、受控电压源 (CONTROLLED\_VOLTAGE\_SOURCES)、受控电流源(CONTROLLED\_CURRENT\_ SOURCES)、控制功能模块(CONTROL\_FUNCTION\_BLOCKS)和数字信号源 (DIGITAL\_SOURCES)等。每一类又含有许多电源或信号源,其输出大小等参数可以通过 双击该元件,从弹出的属性框中改变选项卡中值的对应参数,即可改变源的输出大小等属 性。在电路与信号分析实验中,主要用到 POWER\_SOURCES 中的 DC\_POWER(直流电压 源)、AC\_POWER(交流电压源)、GROUND(地)和 SIGNAL\_VOLTAGE\_SOURCES 中 的 AC\_VOLTAGE(信号电压源),在使用过程中要注意以下几点。

(1) 直流电压源(DC\_POWER)的取值必须大于零,大小可以从微伏特到千伏特,而 且没有内阻。

(2) 交流电压源 (AC POWER) 输出为正弦波交流电压,设置的输出电压值为有效值。

(3) 信号电压源 (AC VOLTAGE) 输出为正弦波交流电压,设置的输出电压为振幅值。

(4)地(GROUND)是一个公共的参考点,电路中所有的电压都是相对于该点的电位差。在一个电路中,一般来说,应当有一个且只能有一个地。在 Multisim 中,可以同时调用多个接地端,但它们的电位都是 0V。并不是所有电路都需要接地,但以下情况必须接地。

含有运算放大器、变压器、各种受控源、示波器、波特测试仪和函数信号发生器等的电路必须接地;否则无法仿真。对于示波器,如果电路中已有接地,那么示波器的接地端可不接地。

11

② 含模拟和数字元件的混合电路必须接地。

## 3.2.2 基本元件库

基本元件库有 16 类元件,在电路与信号分析实验中主要用到电阻(RESISTOR)、电 容(CAPACITOR)、电感(INDUCTOR)、电解电容(CAP\_ELECTROLIT)、可变电容(VARIABLE CAPACITOR)和电位器(POTENTIOMETER)。

基本元件库中还有虚拟基本元件(BASIC VIRTUAL),该元件包括虚拟电阻、虚拟电容、虚拟电感、虚拟继电器等。其中,虚拟电阻的阻值可以任意设置,并可以设置其温度特性,其容差和工作温度详情参见属性对话框。虚拟电容、虚拟电感也与虚拟电阻类似,参数值可以通过属性对话框设置,并考虑其温度特性和容差等。

电阻、电容和电感的选用比较简单,在电路与信号分析实验中一般仅考虑其值大小, 有时根据需要会考虑容差。

电位器 (POTENTIONMETER)选用时,需要注意的是:若选用 lk 电位器,则 lkΩ 是电位器的最大电阻值;百分比 (如 50%)表示滑动点下方电阻占总阻值的百分比。电位 器使用时很像一个常规的电阻器,可以通过简单地击键来调整它的设置。双击该电位器, 弹出如图 3-10 所示的属性对话框,在"值"选项卡中设置电位器的各项参数。

金   亚小   哐	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	官脚(文)	本   用尸子!	R	
电阻 (R)	1k	- Ω			
键:	A	•			
增里:	5	%	,		
元器件类型:					
超级链接:					
布局设置					
印迹:				编辑印迹	
制造商:					

图 3-10 "电位器"属性对话框

"键"栏:设置控制键,设置的是字母键。单击相应的控制键字母,可以增加电位器的 阻值。按"Shift"键+控制键字母,降低电位器的阻值。

"增量"栏:设置改变的步长。

## 3.2.3 指示器件库

指示器件库中含有8种可用来显示电路仿真结果的显示器件,在电路与信号分析实验

中主要用到电压表(VOLTMETER)和电流表(AMMETER)等。

电压表、电流表分别测量电路中交、直流电压和电流,其数值可以直接从表头上读取, 仪表有两个端子与电路连接,如图 3-11 所示。仪表的接线端可以进行旋转操作。与万用表 相比,电压表有更多的优点:一是电压表、电流表的测量范围宽;二是电压表、电流表在 不改变水平放置的情况下,可以改变输入端的水平、垂直位置以适应整个电路的布局。

双击电压表或电流表,弹出仪表设置对话框,默认选择"值"选项卡,如图 3-12 所示, "电阻"栏用于设置内阻,一般为提高测量精度,电压表的内阻要设置大一些,电流表的内 阻要设置小一些;"模式"栏用于选择测量交流(AC)、直流(DC)工作方式。电流表的 参数设置与电压表设置类似。

	1/1911		~
	标签显示值	故障 管脚 变体 用户字段	
U1 - 0.000 - DC 10MOhm	电阻(R): 模式:	10 MOhm	*
U2 - 0.000 - DC 1e-009Ohm	<b>普换(R)</b>	(福礼(O)) (取消(C)) (百)	帮助(H)

图 3-12 电压表参数设置

图 3-13 所示为一个仪表测量的应用实例,图中的电压表和电流表均工作在 DC 状态,通过理论计算可以获得端电压为 6V,支路电流为 6mA,与实际测量相符。



使用电压表、电流表时,要注意以下几点。

- (1) 所显示的测量值是有效值。
- (2) 在仿真过程中改变了电路的某些参数,要重新启动仿真再读数。
- (3) 设置电压表内阻过低或电流表内阻过高会导致数学计算的误差。

图 3-11 电压表和电流表图标

## 3.3 Multisim 的虚拟仪器

Multisim 与其他仿真软件相比,最大的特点就是提供了虚拟仪器模块。这些虚拟仪器的设置、使用和数据读取方法都与现实中的仪表一样,它们的外观也与在实验室所见到的 仪器类似。Multisim 的仪表工具栏中包含了 21 类虚拟仪表,分别是数字万用表、函数信号 发生器、功率表(瓦特表)、双踪示波器、4 通道示波器、波特测试仪(扫频仪)、频率计 数器、字信号发生器、逻辑转换器、逻辑分析仪、IV 分析仪、失真分析仪、频谱分析仪、 网络分析仪、安捷伦函数信号发生器、安捷伦数字万用表、安捷伦示波器、泰克示波器、 动态测量探针、LabVIEW 仪器和电流探针。图 3-9 所示为仪表工具栏的图标。

下面重点介绍数字万用表、函数信号产生器、双踪示波器、波特测试仪和频谱分析仪的调用过程及使用方法。

## 3.3.1 数字万用表

数字万用表可以在电路两节点之间测量交直流电压、交直流电流、电阻和分贝值,并 且能自动调整量程。图 3-14 所示为数字万用表的图标和面板。



图 3-14 数字万用表的图标与面板

1) 数字万用表的连接

虚拟数字万用表的外观与实际仪表基本相同,图标上的"+""-"两个端子用来连接 测试的端点,连接时必须遵循与实际万用表一样的原则。例如,测量电压时,应与被测端 点并联;测量电流时,应串联在被测支路中。

2) 数字万用表的设置

数字万用表的面板上有7个按钮,说明如下。

- (1) A: 电流挡, 可分为直流和交流两种类型。
- (2) V: 电压挡, 可分为直流和交流两种类型。
- (3) Ω和 dB: 电阻挡和电平挡。

(4) ~和一: 交流挡和直流挡。

(5) 设置…: 对万用表的内部参数进行设置。单击该按钮后,即可弹出"万用表设

置"对话框,如图 3-15 所示,根据实际要求设置参数。由于 Multisim 提供的数字万用表 默认状态是一种理想万用表,电压挡内阻很大,电流挡内阻很小,如果希望测量结果与实 际的数值一致,就需要重新设置参数。

万用表设置	<b>×</b>
电子设置	
安培计电阻(R) <mark>(</mark> 7):	1 nΩ
伏特计电阻(R) <b>(V)</b> :	1 GΩ
欧姆计电流(I) <mark>(</mark> O):	10 nA
dB 相对值(V) <b>(d)</b> :	774.597 mV
显示设置	
安培计超出额定界限(I)(m):	1 GA
伏特计超出额定界限 (V) (g):	1 GV
欧姆计超出额定界限(R)(h):	10 GΩ
	取消(C)

图 3-15 "万用表设置"对话框

3) 注意事项

(1) 交流挡测量的是交流电压或电流信号的有效值。

(2)测量电阻时,为保证测量的准确性,要求电路中没有电源,且电路必须有接地端。4)使用举例

用万用表测量直流电压的电路及仿真结果如图 3-16 所示。



图 3-16 测量直流电压的电路及仿真结果

与真实万用表相仿,使用虚拟万用表时也必须考虑其内阻的影响。例如,当其电压 挡的内阻用其默认值 1GΩ 时,测得电压为 8V;若将内阻设置为 1MΩ 时,则测得电压 为 7.995V。

## 3.3.2 函数信号发生器

函数信号发生器可以输出正弦波、三角波和方波 3 种波形,其输出波形的频率、幅度 等参数均可以调节。图 3-17 所示为函数信号发生器的图标和面板。

#### 1. 信号发生器的连接

函数信号发生器有 3 个接线端,即"+"端、"普通"端和"-"端,通常与电路有两种连接方式。

波形		
信号选项 频率:	1	Hz
占空比:	50	%
振幅:	10	Vp
偏置:	0	V
设	置上升/下降	时间
+	普通	

图 3-17 函数信号发生器的图标和面板

(1) 单极性连接方式:将"普通"端子与公共地 GND 连接,"+"端或"-"端与电路的输入相连,这种方式适用于普通的电路。

(2) 双极性连接方式:将"+"端与电路输入中的"+"端相连,将"-"端与电路输入的"-"端相连,"普通"端子与公共地 GND 连接,"+"端和"-"端输出的两个信号幅度相等、极性相反,一般用于差分输入的电路相连,如差分放大器、运算放大器等。

#### 2. 面板设置

(1)功能选择。单击图 3-17 所示的"正弦波""三角波"或"方波"按钮,选择相应的输出波形。

(2) 信号参数设置。

• 频率:设置输出信号的频率,范围为1Hz~999GHz。

**XFG1** ~ ∽ ~

- 占空比:设置占空比,只有输出三角波、方波时有用。
- 振幅:设置输出电压的幅度(振幅),范围为1V~999kV。
- 偏置:设置输出信号中直流成分的大小,范围为-999~+999kV。
- 设置上升/下降时间:设置方波的上升时间/下降时间。

#### 3. 注意事项

若输出信号含有直流成分,则所设置的幅度为从直流到信号波峰的大小。

#### 4. 使用举例

用万用表测量函数信号发生器,其输出及仿真结果如图 3-18 所示。



## 3.3.3 双踪示波器

双踪示波器是电子实验中常用到的一种仪器,可用来观察信号波形并可测量信号的频率、幅度和周期等参数,Multisim提供了数字式存储示波器,可以观察到瞬间变化的波形。 图 3-19 所示为双踪示波器的图标与面板。



图 3-19 双踪示波器的图标与面板

#### 1. 双踪示波器的连接

双踪示波器有 6 个端子, A、B 两个通道各有正负两端子, Ext Trig 为外触发信号输入 端。连接时, A、B 两个通道的正端只需要一根导线与待测点相连接, 负端为接地端。测量 时, 测的是该点与地之间的波形, 并且当电路图中有接地符号时, 示波器通道 A 或 B 的负 端(接地端)可不接。

#### 2. 面板设置

双踪示波器的面板主要由显示屏、游标测量参数显示区、时基区、通道 A 区、通道 B 区和触发区 6 个部分组成。显示屏刻有刻度,方便读数。

(1) 时基区:设置 X 轴的基准扫描时间与水平位置。

- 标度:设置 X 轴方向每一刻度所表示的时间。改变数值时,单击该栏即可出现刻度 列表,再根据所测信号的频率选择合适的时间刻度。
- X 轴位移:表示 X 轴方向时间基准的起点位置。
- Y/T:表示 Y 轴显示 A、B 两个通道信号波形, X 轴方向显示时间基线。Y/T 为示波器的默认方式。
- 添加:显示的波形是通道 A 与通道 B 的输入信号之和。
- B/A: 将通道 A 信号作为 X 轴扫描信号, 通道 B 信号施加在 Y 轴上, 用来观察李萨 如图形。
- A/B: 与 B/A 相反,也用来观察李萨如图形。
- (2) 通道 A 区:设置通道 A 输入信号在 Y 轴的刻度单位与垂直位置。
- 刻度:设置Y轴的刻度单位。

- 交流: 交流耦合, 只显示通道 A 输入信号的交流分量。
- 0: 接地,将通道 A 输入信号对地短路。
- 直流: 直流耦合,显示通道 A 输入信号的交、直流分量。

(3)通道 B 区:设置通道 B 输入信号在 Y 轴的刻度单位与垂直位置,其设置方法与通道 A 基本相同。只增加了一个"一"按钮,表示将通道 B 波形反相。

(4) 触发区:设置示波器的触发方式。

- 边沿:将输入信号的上升沿或下降沿作为触发信号。
- 水平:选择触发的大小。
- 单次: 单脉冲触发, 即当触发电平高于所设置的触发电平时, 示波器触发一次。
- 正常:常态触发方式。
- 自动: 自动触发方式, 一般使用 Auto 方式。
- A: 用通道 A 的输入信号作为触发信号。
- B: 用通道 B 的输入信号作为触发信号。
- Ext: 用示波器外触发端子 T 连接的外部信号作为触发信号。

(5) 游标测量参数显示区:显示两个游标所测得的显示波形的数据。可测量的波形参数有游标所在的时刻、两游标的时间差及通道 A、B 输入信号在游标处的信号幅度。通过单击游标中的左右箭头,可以移动游标。

- 反向:改变显示屏的背景颜色(黑色或白色)。
- 保存:存储显示屏中的波形,可存储为ASCII码格式的"\*.scp"文件。

#### 3. 注意事项

波形显示的颜色可以改变,通道 A、B 输入信号连线的颜色就是示波器显示波形的颜 色,故只要改变通道 A、B 输入信号连线的颜色即可。

#### 4. 使用举例

用示波器测量函数信号发生器的"+"端输出波形,公共端接地,连接如图 3-20 所示。



## 3.3.4 波特测试仪

波特测试仪是用来分析电路的频率响应,可以测试电路的幅频特性和相频特性,类似 于实验室的扫频仪,其图标与面板如图 3-21 所示。



图 3-21 波特测试仪的图标与面板

#### 1. 波特测试仪的连接

波特测试仪有 IN 和 OUT 两组端口,其中 IN 端口的"+"端(相当于实际扫频仪的 扫频输出端)连接电路的输入端,OUT 端口的"+"端(相当于实际扫频仪的 Y 输入端) 连接电路的输出端,而两组端口的"-"端(相当于扫频仪的公共端或接地端)与模拟地 相连。

#### 2. 面板设置

(1) 模式区:转换测量内容。

- 幅值:显示被测电路的幅频特性曲线。
- 相位:显示被测电路的相频特性曲线。

(2) 水平区:设置 X 轴的刻度、起始和终止频率等。

- 对数: X轴的刻度取对数,即lgf,一般采用对数刻度。
- 线性: X轴的刻度是线性的。
- F: 即 Final, 设置 X 轴的最高频率。
- I: 即 Initial,设置 X 轴的初始频率。
- (3) 垂直区:设置 Y 轴的刻度,即电平或相位角。

当测量幅频特性时, Y 轴显示的是被测电路输出电压和输入电压的比值。若单击"对数"按钮,即Y轴的刻度取对数(20lgV<sub>o</sub>/V<sub>i</sub>),单位为分贝;若单击"线性"按钮,即Y轴的刻度是线性变化的。一般情况下,采用对数刻度。

当测量相频特性时, Y 轴坐标表示相位, 单位为度, 刻度始终是线性的。 (4) 控件区。

- 反向:用于设置显示屏的背景颜色(黑色或白色)。
- 保存:保存测量波形,存储为"\*.bod"的文本文件。
- 设置:单击该按钮,弹出设置对话框,用于设置扫描的分辨率,设置的数值越大, 分辨率越高,但运行时间较长。

此外,移动波特测试仪的垂直游标,在显示屏的下方显示任意一点频率所对应的电压 增益大小或相位度数。

#### 3. 使用举例

测量图 3-22 所示的 RC 滤波电路的幅频特性曲线及截止频率 fc。

(1) 搭接电路。由于波特测试仪本身没有信号源,因此在使用时,必须在电路的输入 端口接入一个交流信号源(这与扫频仪不同),此信号源无须对其参数进行设置。

(2) 打开仿真开关, 按图 3-22 所示设置面板, 得到幅频特性曲线。

(3) 移动游标找出电路的中频增益(0dB)及截止频率  $f_{\rm C}$ (-3dB,即高通滤波器的下限频率),  $f_{\rm C}$ 约为156Hz。



图 3-22 RC 滤波电路的频率特性测试及仿真结果

## 3.3.5 频谱分析仪

频谱分析仪用于测量电路中信号幅度与频率的关系,即进行频域分析。它可以方便地 研究信号的频率结构及范围,是通信及信号系统的重要分析仪器。图 3-23 所示为频谱分析 仪的图标及面板。



图 3-23 频谱分析仪的图标和面板

#### 1. 频谱分析仪的连接

频谱分析仪只有两个端口, IN 端口为连接被测电路的输出端, T 端口为外触发连接端。

#### 2. 面板设置

频谱分析仪面板中可设置的参数有仪表的工作频率范围、频率宽度、参考点和测量范 围等,具体介绍如下。

• 72 •

- (1) 挡距控制区:设置频率扫描方式。
- 设定挡距:按照频率选项区内设置的频率范围进行扫描。
- 零挡距:按照频率选项区中心栏定义的频率进行单一频率扫描,用于测量某一具体频率点的频谱幅度。
- 全挡距:测量整个频段内(0~4GHz)信号的频谱分布情况。
- (2) 频率区。
- 挡距:设置扫描频率的变化范围。
- 开始:设置扫描的起始频率。
- 中心:设置扫描中心频率。
- 末端:设置扫描终止频率。
- (3) 截止区:设置频谱纵轴(幅度轴)刻度。
- dB: 对数刻度,即以 20lgV 为刻度。
- dBm: 坐标以 10lg(V/0.775)为刻度,常用于功率频谱的测量。
- 线性:线性刻度。
- 里程:设置刻度单位。
- 参考:设置基准值。

(4)分解频率区:设置频率的分辨率。频率分辨率就是分辨频谱的最小谱线间隔,分 辨率的数值越大,谱线间显示的宽度越宽。

(5) 其他按钮。

- 开始:开始或继续频谱分析仪的频率分析。
- 停止:停止频谱分析仪的频谱分析,此时电路的仿真过程仍然继续。
- 反向: 改变显示屏的背景颜色(黑色或白色)。
- 显示参考:显示参考值。
- 设置:用于设置触发参数。

#### 3. 使用举例

用频谱分析仪观察 1kHz 周期性方波信号(占空比为 50%,幅度为 10V)的频谱特性, 按图 3-24 所示的连接电路设置频谱分析仪的面板,仿真结果显示在频谱分析仪的显示 屏上。



## 3.3.6 测量探针

测量探针是用于检测不同节点或引脚上的电压、信号频率的快速方法。 动态测量探针连接有以下两种方法。

(1)静态放置:在仿真开始前,可单击仪表工具栏 🗤 按钮并拖动鼠标,在所要测量的 节点或导线上再次单击,将出现测量探针的观察窗口,这样就完成了测量探针的放置。打 开仿真开关,在电路窗口中会得到类似图 3-25 所示的读数。

(2)动态放置:在仿真进行时,单击,按钮,用鼠标拖动测量探针到需要测量的节点或导线上,测量探针读数窗口对节点或导线中的状态进行实时读取。

双击探针观察窗口,就可弹出探针属性对话框。在此对话框中,可以对观察窗口的颜 色、尺寸、字体、字号等信息进行设置。



图 3-25 测量探针静态放置仿真结果举例

## 3.4 Multisim 的仿真分析方法

Multisim 提供的虚拟仪器给电子电路的分析带来了极大的方便,但有时在电路中要针 对多种参数进行分析,这时使用虚拟仪器往往无法满足分析要求,为此 Multisim 还提供了 仿真分析功能。

单击 Multisim 主界面中的仿真菜单,选择分析项,可以看到 Multisim 软件提供的 19 种仿真分析方法,即直流工作点分析、交流分析、瞬态分析、傅里叶分析、噪声分析、噪声指数分析、失真分析、直流扫描分析、灵敏度分析、参数扫描分析、温度扫描分析、零极点分析、传输函数分析、最坏情况分析、蒙特卡罗分析、线宽分析、批处理分析、用户自定义分析、射频分析。

Multisim 仿真电路时,搭接好电路后,可以不接入虚拟仪器,直接采用电路分析功能 对电路进一步分析和仿真。

在对电路进行仿真分析时,电路分析的输出变量一般以节点编号的形式出现。电路的 节点编号是由系统自动产生的(调用元件和连线顺序不同,节点编号不同),系统默认为隐 藏状态。为保证电路仿真的正常进行,通常在进行仿真前,必须先将电路的节点编号设置 成显示状态。其方法是在 Multisim 主菜单执行"选项"→"电路图属性"命令,出现"电 路图属性"对话框,在"电路图可见性"选项卡下的"网络名称"栏中选中"全部显示" 单选按钮,如图 3-26 所示。

路图可见性 颜色 工作图	☑ 布线 字体 PCB 图层;	<b>受</b> 置
元器件		1.0kohm
☑ 标登(L)	□ 受重数据(r)	Test R1
RefDes(D)	E 特性(U)	
	■ 付亏官脚沿称(y)	N1
☑ 初娟余仟(∩)	■ 山胚尾脚另紗(F)	Q1
☑ 答差(T):		
网络名称		
④ 全部显示(w)		
◎ 使用具体网络的设置(	(s)	
◎ 全部隐藏()		
连接器		
📝 在页名称(p)		
🔽 全局名称(G)		
☑ HB/SC 名称(B)		
📝 离页名称(e)		
总线入口		
☑ 标签		
📝 总线入口网络名称(m)		

图 3-26 电路图可见性设置

图 3-27 所示为设置显示节点编号后的三电阻串联分压电路。双击该节点上的连线,屏 幕弹出对话框,可以修改节点编号,但同一电路上的节点编号是不允许重复的,地线的节 点编号系统自动设置为 0。



电路与信号分析实验中常用的有直流分析、交流分析、瞬态分析和傅里叶分析,下面 分别进行介绍。

## 3.4.1 直流分析

直流工作点分析(DC Operating Point Analysis)计算电路仅受电路中直流电源作用时,每个节点上的电压及流过电源的电流在进行直流工作点分析时,交流信号源置 0(即交流

电压源视为短路,交流电流源视为开路)、电容视为开路、电感视为短路。

#### 1. 分析步骤

(1) 创建要分析的电路。

(2)选择"仿真"菜单中"分析选项"选项卡下的"直流工作点"命令,弹出如图 3-28 所示的"直流工作点分析"对话框。

"直流工作点分析"对话框包括输出、分析选项、求和3个选项卡。

所有变量 (R-1) (R-2) I(V-1) I(V-1) I(V-1) P(R-1) P(R-1) P(R-2) P(V-2) P(V-3) P(V-2) V(1) V(2) V(2) V(3)	茶加(A) > < 移除(R) <  编辑表达式(E) 添加表达式(x)	所有变重
过滤未选定的变里(F) 更多选项		过滤选定的变量()
添加器件/模型参数(d) 删除选定的变量(s)		は在检查踪迹中显示所有器件参数(h) 法経要保存的变量(√)

图 3-28 "直流工作点分析"对话框



 输出:设置需要分析的变量。"电路中的变量"栏列出 了可用来分析的电路节点的电压及流过电压源的电流等变量。
 若不需要显示这么多变量,则可单击下拉列表的下拉按钮,弹 出变量类型选择列表,如图 3-29 所示,从中选取需要的类型。
 "已选定用于分析的变量"栏显示了将要分析的变量,默

图 3-29 变量类型列表 认状态为空,需要用户从"电路中的变量"栏中选取。具体办法是:首先选中"电路中的变量"栏中需要分析的一个或多个变量,然后单击"添加"按钮,这些变量就添加到"已选定用于分析的变量"栏中。若想删除已选中的某个变量,则可选中该变量,单击"移除"按钮,将它移回到"电路中的变量"栏中。

② 分析选项:设置与仿真分析有关的参数。一般都采用 Multisim 默认的分析选项来 仿真。

③ 求和:分析设置汇总。

该选项卡中列出了分析中所有的参数设置,用户可检查所要进行的分析设置是否

• 76 •

正确。

④ 各选项卡设置完成后,可单击仿真按钮进行分析,弹出图示仪视图,计算出各变量 的值,得到仿真结果。

#### 2. 应用举例

以图 3-30 所示电路为例,使用直流工作点分析方法来 进一步分析。

在"输出"选项卡中设置选定用于分析的变量为:流过 R1、R2 和 R3 的电流,节点 1、2、3 各点的电压即 I(R1)、I(R2)、I(R3)、V(1)、V(2)、V(3)。



单击"仿真"按钮,弹出图示仪视图,单击工具栏中 "取消黑色背景"按钮,得到了分析结果,流过 R1 的电流 为-4mA,流过 R2 的电流为-4mA,流过 R3 的电流为 8mA,

图 3-30 示例电路

节点1和节点2的电压均为12V,节点3的电压为8V,如图3-31所示。

文件编辑 视图 曲线图	光迹光标符号说明工具帮助	
ኛ 🛄 💋 🗙 🖻 💼 🖽		🕲 🕲 🕙 🕛   A 🕬   🗡 🕼 🖷 🕸
直流工作点 直流工作点		
	设计2	
	<b>首</b> 流 丁 作 占	
	且机工作标	
	4 00000	
1 I(R1)	-4.00000 m	
2 I(R3)	8.00000 m	
3 V(3)	8.00000	
4 V(2)	12.00000	
5 V(1)	12.00000	
6 I(R2)	-4.00000 m	

图 3-31 直流工作点分析结果

## 3.4.2 交流分析

交流分析(AC Analysis)主要用于分析在交流小信号下电路中任意节点处的频率特性曲线,包括幅频和相频特性曲线。在进行频率特性分析时,电路中的直流电压源将视为短路,直流电流源将视为开路。

交流分析实际上与使用波特测试仪测量频率特性曲线相似。

#### 1. 分析步骤

(1) 创建要分析的电路。

(2)执行"仿真"→"分析"→"交流分析"命令,弹出如图 3-32 所示的对话框,选择"频率参数"选项卡进行设置,对话框具体参数如表 3-2 所示。

#### 电路与信号分析实践教程

频率参数 输出 分析诜顷	1 求和			
	Salas Strang			
起始频率(FSTART):	1	Hz	•	重置为默认值(d)
停止频率(FSTOP):	10	GHz	•	
扫描类型:	十倍频程	•		
每十倍频程点数:	10			
垂直刻度:	对数	•		
		5.0		

图 3-32 "交流分析"对话框

表 3-2 交流分析的参数说明

频率参数	含义和设置要求
起始频率	扫描起始频率,默认为 1Hz
停止频率	扫描终点频率,默认为10GHz
扫描类型	扫描形式 (横轴刻度): 十倍频程、倍频程、线性, 默认为十倍频程
点数	显示点数,默认为10
垂直刻度	垂直尺度形式 (幅度刻度):线性、对数、分贝、倍频程,默认为对数

(3)根据实际需要设置好分析参数,如扫描起始频率、扫描终点频率、扫描形式和显示点数等。

(4)选择"输出"选项卡,设置电路的分析节点,如图 3-33 所示。



(5) 单击"仿真"按钮,在显示图上获得被分析节点的频率特性图。

(6) 读取测量数据。选定分析图单击,将显示读数轴和数据。

#### 2. 应用举例

仍以前节虚拟波特测试仪中 RC 高通滤波器为例,使用交流仿真分析方法进一步分析。

先设置分析参数频率范围为 1Hz~2kHz, 扫描方式为线性, 扫描点数为 100, 垂直标 尺采用线性, 输出变量选择电路中的变量: V(2)表示将节点 2 的电压作为输出(即电阻 R1 的电压输出),将其添加到选定用于分析的变量框中,单击"仿真"按钮开始仿真分析。在 图示仪视图中单击工具栏的"取消黑色背景"按钮,显示如图 3-34 所示。



图 3-34 用交流仿真分析法显示幅频特性和相频特性测量曲线

选定分析图,单击 🖸 按钮,将显示读数轴和数据。

分析结果是:截止频率为 158.7838Hz,幅度为 705.6066mV,相位为 45.1028°; 2kHz 处电压为 996.8487mV,相位为 4.5499°,如图 3-35 所示。

光标		光标	8	
	V(2)		V(2)	
x1	158.7838	x1	158.7838	
y1	705.6066m	yl	45.1028	
x2	2.0000k	x2	2.0000k	
у2	996.8487m	y2	4.5499	
dx	1.8412k	dx	1.8412k	
dy	291.2421m	dy	-40.5529	
dy/dx	158.1792µ	dy/dx	-22.0251m	
1/dx	543.1193µ	1/dx	543.1193µ	

图 3-35 仿真分析参数

## 3.4.3 瞬态分析

瞬态分析(Transient Analysis)也称为时域分析,即观察某节点在整个显示周期中某一时刻的电压波形,与使用示波器观测信号的波形相似。

#### 1. 分析步骤

(1) 创建要分析的电路。

(2)执行"仿真"→"分析"→"瞬态分析"命令,屏幕弹出"瞬态分析"对话框,选择"分析参数"选项卡,如图 3-36 所示。

(3)根据实际需要设置好分析参数,如初始条件、起始时间、结束时间和最大时间步 长等。初始条件分为设为零、用户自定义、计算直流工作点、自动确定初始条件4个选项。

(4) 选择"输出"选项卡,设置电路的分析变量。

(5) 单击"仿真"按钮,屏幕弹出仿真分析显示仪示图,显示被分析变量的瞬态波形。

(6) 读取测量数据。选定分析图,单击读数轴图标,将显示游标处的相关数据。

参数	7 <u>.</u>		1		
起始的时(ISTART):	0		S		
结束时间(TSTOP):	0.001		S		
📝 最大时间步长设置(1	MAX)				
◎ 最小时间点数量		100			
◎ 最大时间步长(1	TMAX)	1e-005		s	
● 自动生成时间步	ŧ				
更多选项					
🔲 设置初始时间步长	(TSTEP) :	1e-005		s	
	村间步长(™	AX)			
	alego IX ( the	na /			

图 3-36 "瞬态分析"对话框

#### 2. 应用举例

在实际测量中,瞬态分析法通过设置分析的时间参数,可以观测到各个时段的波形变 化,尤其是起始波形的变化。

例如,在 Multisim 中建立如图 3-37 所示的 RLC 串联电路。



执行"仿真"→"分析"→"瞬态分析"命令,弹出如图 3-36 所示的对话框。在"分 析参数"选项卡下设置主要参数:"初始条件"设置为"自动确定初始条件";"起始时间" 设置为 0s;"结束时间"设置为 0.001s;"最大时间步长设置"为"自动生成时间步长"。

在"输出"选项卡中设置"已选定用于分析的变量"为节点 3 电压,单击"仿真"按钮,弹出分析显示仪视图。单击工具栏中"取消黑色背景"按钮,显示 RLC 电路中电阻上的电压波形,如图 3-38 所示。

仿真波形显示后单击读数轴图标,可以单击 <u>1</u>出现游标,用游标 1、2 选择所需显示的位置,将弹出如图 3-39 所示的数据表。从图 3-39 中可以读出信号的频率 (1/dx = 7.9733kHz)、周期(dx = 125.4181µs)和幅度(y<sub>1</sub> = 1.2178V)等参数。



图 3-38 RLC 串联电路的瞬态波形

#### 图 3-39 瞬态波形的有关数据

8

V(3)

270,9030u

396.3211µ 1.2188

125.4181u

1.0052m

7.9733k

8.0145

1.2178

## 3.4.4 傅里叶分析

傅里叶分析(Fourier Analysis)用于分析一个时域信号的直流分量、基频分量和谐波 分量,即把被测节点的时域变化信号做离散傅里叶变换,显示它的频域变化规律。

在进行傅里叶分析时,必须首先选择被分析的节点,一般将电路中的交流激励源的频 率设定为基频。

1. 分析步骤

(1) 创建要分析的电路。

(2)执行"仿真"→"分析"→"傅里叶分析"命令,弹出一个对话框,选择"分析参数"选项卡,如图 3-40 所示。

(3) 在"输出"选项卡下选择要分析的输出变量节点。

(4) 单击"仿真"按钮,在显示图上获得被分析节点的傅里叶变换图及参数。

#### 2. 应用举例

建立一个进行傅里叶分析的电路,如图 3-41 所示。本例题观测的是频率为 1kHz、幅度为 5V 的周期方波信号。

执行"仿真"→"分析"→"傅里叶分析"命令,弹出对话框。选择"分析参数"选项卡,在"取样选项"栏中将"频率分解(基本频率)"设置为1000Hz,"谐波数量"设置为"9","取样的停止时间"单击"估算"按钮自动产生。

选择要分析的输出变量为节点 1。单击"仿真"按钮,在显示图上获得被分析节点的 傅里叶变换图和有关数据,如图 3-42 所示。

· 」「「「「「」」」。 · 」「「」」。 · 」「「」」。 · 」「」」。 · 」 · 」 · 」 · 」 · 」 · 」 · 」 · 」		9		ЦА	
₩₩XXXX 取样的停止时间(TSTOP 编辑瞬态分析	):	0.001	秒 [	估算	
结果					
□显示相位 显示:		柱形图及曲线图	•		
☑ 显示为柱形图 ■ 使曲线图标准化	垂直刻度:	(线性	•		
更多选项					
🔲 内插的多项式次数:		1			
田		100000	Hz	Hz	

图 3-40 "傅里叶分析"对话框

