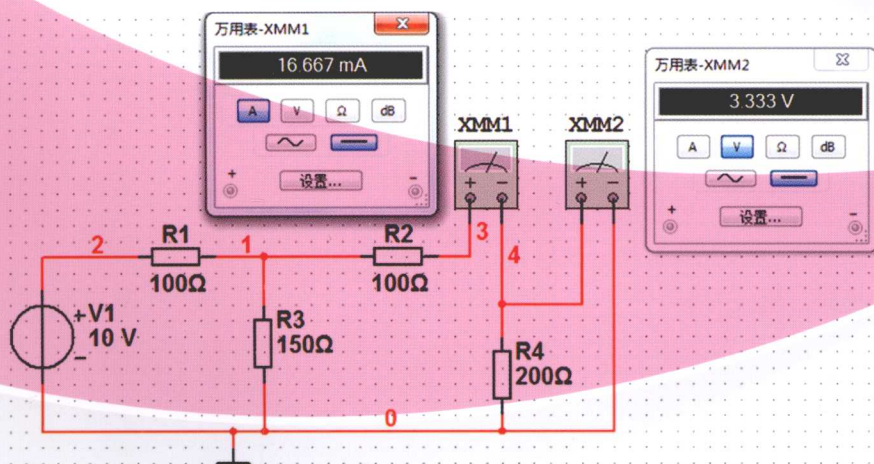




# Multisim

## [ 电路仿真及应用 ]

主编 吴福高 张明增



航空工业出版社

EDA 技术应用精品教材

# Multisim 电路仿真 及应用

主编 吴福高 张明增

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本书介绍了主流 EDA 设计软件 Multisim 13 的各项功能和基本操作, 并重点通过大量实例介绍了 Multisim 13 在电路分析、模拟电路、数字电路和单片机仿真中的应用, 力求使读者在较短时间内全面掌握 Multisim 精华。

本书内容丰富、实用, 讲解深入浅出、循序渐进, 可作为高等院校, 中、高等职业技术学院电子信息类、通信类、自动化类等专业的 EDA 教材和电子技术课程的仿真实验教程, 也可作为电子设计竞赛的培训教材以及电子设计爱好者的自学教材。

## 图书在版编目 (C I P) 数据

Multisim 电路仿真及应用 / 吴福高, 张明增主编

— 北京: 航空工业出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-5165-0730-8

I. ①M… II. ①吴… ②张… III. ①电子电路—计算机仿真—应用软件 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 079488 号

## Multisim 电路仿真及应用 Multisim Dianlu Fangzhen ji Yingyong

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行电话: 010-84936597 010-84936343

北京时捷印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015 年 4 月第 1 版

2015 年 4 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 15.5

字数: 358 千字

印数: 1—3000

定价: 48.00 元



现代社会，计算机科学技术已经渗透到人们生活中的方方面面，并在潜移默化中改变着人们的生活和工作方式。EDA（Electronic Design Automation，电子设计自动化）技术以计算机为工具，通过 EDA 软件平台自动处理完成电子电路的整个设计过程。它的出现极大地提高了电路设计的效率和可操作性，减轻了设计者的劳动强度，已成为集成电路、印制电路板、电子整机系统设计的主要技术手段。

Multisim 是由美国国家仪器（NI）公司开发的一款专门用于电子电路仿真与设计的 EDA 工具软件，它很好地解决了理论教学与实际动手实验相脱节的难题，是目前电子电路教学和电路设计人员的首选软件。

Multisim 软件拥有直观的图形界面、丰富的元器件和测试仪器、强大的仿真能力，可以帮助用户方便地搭建电路原理图，并对电路进行仿真，将新学到的理论知识真实地展现出来。

本书基于最新版本 Multisim 13，介绍了 Multisim 软件的各项主要功能及典型应用，通过详细的图表和文字说明，指导读者从了解软件本身开始，直到学会建立一个完整电路和进行仿真、分析以及产生报告等操作。

本书内容丰富，涵盖了 Multisim 13 概述、Multisim 13 元件与元件库、Multisim 13 虚拟仪器仪表、Multisim 13 分析方法、Multisim 13 在电路分析中的应用、Multisim 13 在模拟电路中的应用、Multisim 13 在数字电路中的应用、Multisim 13 在单片机仿真中的应用等知识。

本书由吴福高和张明增担任主编，王小宁、姚非非、岳同森、王希更、王同庆、孙利芳、张小翠、王玥、孙锡保和李树红担任副主编，王鹏和刘源参编。因时间仓促，作者水平所限，书中难免会有错误和疏漏的地方，恳请各位专家和读者批评指正。

读者在使用本教材及软件过程中遇到各种疑问，可登陆北京金企鹅联合出版中心网站（<http://www.bjjqe.com>）寻求帮助。

编者  
2015年3月

# 目 录

第 1 章 Multisim 13 概述	1
1.1 EDA 与 Multisim 13	1
1.1.1 EDA 与 Multisim 简介	1
1.1.2 Multisim 13 的特点	2
1.2 Multisim 13 的用户界面	3
1.2.1 菜单栏	4
1.2.2 工具栏	10
1.2.3 电路窗口	13
1.2.4 电路元件属性窗口	13
1.3 Multisim 13 界面定制	14
1.3.1 Global options 对话框	14
1.3.2 Sheet properties 对话框	19
1.4 Multisim 13 的基本操作	22
1.4.1 绘制一个电路	22
1.4.2 给电路添加仪器	28
1.4.3 电路仿真	30
1.4.4 产生报告	30
思考与练习	32
第 2 章 Multisim 13 元件与元件库	33
2.1 Multisim 13 元件库及其使用	33
2.1.1 电源库 (Source)	34
2.1.2 基本元件库 (Basic)	35
2.1.3 二极管 (Diodes)	35
2.1.4 晶体管 (Transistors)	37
2.1.5 模拟元件库 (Analog)	39
2.1.6 TTL 元件库 (TTL)	40
2.1.7 CMOS 元件库 (CMOS)	40

2.1.8	数字元件库 (Miscellaneous Digital)	41
2.1.9	混合元件库 (Mixed)	42
2.1.10	指示部件库 (Indicators)	43
2.1.11	功率组件 (Power Component)	44
2.1.12	其他部件库 (Miscellaneous)	45
2.1.13	高级外设 (Advanced_Peripherals)	46
2.1.14	射频元件库 (RF)	47
2.1.15	机电类元件库 (Electro_Mechanical)	47
2.1.16	NI 元器件 (NI_Components)	48
2.1.17	连接器 (Connectors)	49
2.1.18	MCU 元件库 (MCU)	50
2.2	元件的创建与编辑	50
2.2.1	创建自定义元器件	51
2.2.2	编辑元件	57
	思考与练习	58
第 3 章 Multisim 13 虚拟仪器仪表		59
3.1	Multisim 13 虚拟仪表的基本操作	59
3.2	数字万用表 (Multimeter)	60
3.2.1	数字万用表的图标和面板	60
3.2.2	数字万用表的使用与设置	61
3.3	函数发生器 (Function generator)	61
3.3.1	函数发生器的图标和面板	61
3.3.2	函数发生器的使用与设置	62
3.3.3	函数发生器的应用实例	63
3.4	功率表 (Wattmeter)	63
3.4.1	功率表的图标和面板	63
3.4.2	功率表的使用与设置	63
3.4.3	功率表的应用实例	64
3.5	双踪示波器 (Oscilloscope)	64
3.5.1	双踪示波器的图标和面板	64
3.5.2	双踪示波器的使用与设置	65
3.5.3	双踪示波器的应用实例	66
3.6	四通道示波器 (Four channel oscilloscope)	67
3.6.1	四通道示波器的图标和面板	67

3.6.2 四通道示波器的使用与设置 .....	67
3.7 波特图示仪 (Bode Plotter) .....	68
3.7.1 波特图示仪的图标和面板 .....	68
3.7.2 波特图示仪的使用与设置 .....	69
3.7.3 波特图示仪的应用实例 .....	69
3.8 频率计数器 (Frequency counter) .....	71
3.8.1 频率计数器的图标和面板 .....	71
3.8.2 频率计数器参数的使用与设置 .....	71
3.8.3 频率计数器的应用实例 .....	72
3.9 字信号发生器 (Word generator) .....	72
3.9.1 字信号发生器的图标和面板 .....	72
3.9.2 字信号发生器的使用与设置 .....	73
3.10 逻辑分析仪 (Logic Analyzer) .....	74
3.10.1 逻辑分析仪的图标和面板 .....	74
3.10.2 逻辑分析仪的使用与设置 .....	75
3.10.3 逻辑分析仪的应用实例 .....	76
3.11 逻辑转换仪 (Logic converter) .....	76
3.11.1 逻辑转换仪的图标和面板 .....	77
3.11.2 逻辑转换仪的使用与设置 .....	77
3.12 IV 分析仪 (IV analyzer) .....	78
3.12.1 IV 分析仪的图标和面板 .....	78
3.12.2 IV 分析仪的使用与设置 .....	78
3.12.3 IV 分析仪的应用实例 .....	79
3.13 失真度分析仪 (Distortion analyzer) .....	79
3.13.1 失真度分析仪的图标和面板 .....	80
3.13.2 失真度分析仪的使用与设置 .....	80
3.14 频谱分析仪 (Spectrum analyzer) .....	81
3.14.1 频谱分析仪的图标和面板 .....	81
3.14.2 频谱分析仪的使用与设置 .....	81
3.14.3 频谱分析仪的应用实例 .....	82
3.15 网络分析仪 (Network analyzer) .....	82
3.15.1 网络分析仪的图标和面板 .....	83
3.15.2 网络分析仪的使用与设置 .....	83

3.16	安捷伦仪器	85
3.16.1	安捷伦信号发生器 (Agilent function generator)	85
3.16.2	安捷伦万用表 (Agilent multimeter)	86
3.16.3	安捷伦示波器 (Agilent oscilloscope)	87
3.17	LabVIEW 采样仪	89
3.17.1	BJT 分析仪 (BJT Analyzer)	90
3.17.2	阻抗测试仪 (Impedance Meter)	90
3.17.3	传声器 (Microphone)	91
3.17.4	扬声器 (Speaker)	92
3.17.5	信号分析仪 (Signal Analyzer)	93
3.17.6	信号发生器 (Signal Generator)	93
3.17.7	流信号发生器 (Streaming Signal Generator)	94
	思考与练习	94
第 4 章	Multisim 13 分析方法	97
4.1	Multisim 13 的分析菜单	97
4.2	直流工作点分析	98
4.3	交流分析	102
4.4	瞬态分析	104
4.5	傅里叶分析	105
4.6	噪声分析	107
4.7	失真分析	110
4.8	直流扫描分析	111
4.9	灵敏度分析	113
4.10	参数扫描分析	115
4.11	温度扫描分析	116
4.12	零—极点分析	118
4.13	传递函数分析	120
4.14	最坏情况分析	121
4.15	蒙特卡罗分析	125
4.16	线宽分析	127
4.17	批处理分析	129
4.18	用户自定义分析	130
4.19	噪声系数分析	130
	思考与练习	131



第 5 章 Multisim 13 在电路分析中的应用	133
5.1 电路的基本规律	133
5.1.1 欧姆定律	133
5.1.2 基尔霍夫电压定律	134
5.1.3 基尔霍夫电流定律	134
5.2 电阻电路的分析	135
5.2.1 网孔电流分析	135
5.2.2 节点电压分析	136
5.2.3 叠加定理	136
5.2.4 戴维南定理	137
5.2.5 诺顿定理	139
5.3 一阶动态电路	140
5.3.1 电容充电和放电	141
5.3.2 零输入响应	142
5.3.3 零状态响应	142
5.3.4 全响应	143
5.4 正弦稳态分析	144
5.5 等效电路	145
思考与练习	147
第 6 章 Multisim 13 在模拟电路中的应用	149
6.1 晶体管单管放大电路的仿真	149
6.1.1 单管放大电路的基本原理	149
6.1.2 单管放大电路静态工作点的仿真分析	150
6.1.3 单管放大电路的动态分析	151
6.1.4 单管放大电路的指标测量	153
6.2 差动放大电路	154
6.2.1 差动放大电路的结构	154
6.2.2 差动放大电路的静态工作点分析	155
6.2.3 差动放大电路的频率响应分析	156
6.2.4 差动放大电路的差模和共模电压放大倍数	157
6.2.5 差动放大电路的共模抑制比	158
6.3 负反馈放大电路	158
6.3.1 负反馈放大电路的基本原理	158
6.3.2 负反馈对放大电路输出波形非线性失真的影响	158

6.3.3	负反馈对放大电路通频带的影响	160
6.4	滤波电路	161
6.4.1	滤波电路的分析	161
6.4.2	滤波电路的设计	163
6.5	运算电路	166
6.5.1	比例运算电路	166
6.5.2	加法运算电路	168
6.5.3	积分和微分电路	169
	思考与练习	171
第 7 章 Multisim 13 在数字电路中的应用		173
7.1	逻辑门电路的测试	173
7.2	组合逻辑电路的仿真分析	175
7.2.1	基本逻辑电路转换仿真分析	175
7.2.2	编码器电路的仿真分析	177
7.2.3	译码器电路的仿真分析	179
7.2.4	数据选择器电路的仿真分析	181
7.2.5	加法器电路的仿真分析	183
7.2.6	竞争冒险现象的仿真分析	185
7.3	时序逻辑电路的仿真分析	186
7.3.1	触发器的仿真分析	186
7.3.2	移位寄存器的仿真分析	188
7.3.3	计数器的仿真分析	189
7.4	D/A 与 A/D 转换电路的仿真分析	190
7.4.1	D/A 转换电路的仿真分析	191
7.4.2	A/D 转换电路的仿真分析	192
7.5	555 定时器电路的仿真分析	193
7.5.1	创建 555 定时器电路	193
7.5.2	用 555 定时器组成的施密特触发器	195
7.5.3	用 555 定时器组成的单稳态触发器	196
7.5.4	用 555 定时器组成的多谐振荡器	197
	思考与练习	198
第 8 章 Multisim 13 在单片机仿真中的应用		200
8.1	基于汇编语言的单片机仿真	200
8.1.1	单片机的仿真环境创建	200

8.1.2 基于汇编语言的流水灯系统设计·····	203
8.1.3 流水灯系统仿真实现·····	205
8.2 基于 C 语言的单片机仿真·····	206
8.2.1 基于 C 语言的流水灯系统设计·····	210
8.2.2 流水灯系统仿真实现·····	212
8.3 单片机仿真设计实例·····	217
8.3.1 键盘输入接口的设计与仿真·····	217
8.3.2 液面控制系统设计与仿真·····	228
8.3.3 LED 显示器接口电路的设计·····	231
思考与练习·····	234

# 第 1 章

## Multisim 13 概述

### 【导 学】

我们大家可能都用试验板或者其他的東西制作过一些电子产品，但有时我们会发现做出来的东西存在很多事先并没有想到的问题，这样一来不仅浪费了时间和物资，而且如果是公司新产品的話，还会延长产品的开发周期，推迟产品的上市时间。那么，有没有一种不使用电烙铁和试验板就能得知实际结果的方法呢？

计算机技术的发展改变着人类生活和工作的方方面面，与这个趋势相对应，电子设计自动化（EDA）技术随之产生。EDA 工具软件 Multisim 完全改变了电子工程师们的传统工作方式，从设计到仿真都可以方便快捷地通过该软件来实现。本章我们就来学习 Multisim 软件的基本功能和操作。

## 1.1 EDA 与 Multisim 13

### 1.1.1 EDA 与 Multisim 简介

EDA 是电子设计自动化（Electronic Design Automation）的缩写，是指以计算机为工作平台，融合应用电子技术、计算机技术、信息处理和智能化技术的最新成果，来进行电子产品的自动设计。

利用 EDA 工具，电子工程师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统，大量工作可以通过计算机完成，并可以将电子产品从电路设计、性能分析，到设计出 IC 版图或 PCB 版图的整个过程在计算机上自动处理完成。EDA 技术的出现，极大地提高了电路设计的效率和可操作性，减轻了设计者的劳动强度。

EDA 软件代表电子系统设计的技术潮流，在众多的 EDA 仿真与设计软件中，Multisim 软件界面友好、功能强大、易学易用，受到电子电路设计人员的青睐。Multisim 来源于加拿大图像交互技术公司（Interactive Image Technologies，简称 IIT）。

IIT 公司于 1988 年推出一款用于电子电路仿真与设计的 EDA 工具软件 Electronics Work Bench (电子工作台, 简称 EWB), 它凭借界面形象直观、操作方便、分析功能强大、易学易用等优点, 得到迅速推广和使用。

1996 年, IIT 公司推出了 EWB 5.0 版本, 在 EWB 5.x 版本之后, 从 EWB 6.0 版本开始, IIT 公司对 EWB 进行了较大改动, 名称改为 Multisim (多功能仿真软件), 专门用于电路级仿真。

IIT 公司后被美国国家仪器有限公司 (National Instruments, 简称 NI) 收购, 软件更名为 NI Multisim, 目前该软件已有 Multisim 2001、Multisim 7、Multisim 8、Multisim 9、Multisim 10、Multisim 11、Multisim 12、Multisim 13 多个版本问世。

### 1.1.2 Multisim 13 的特点

NI 公司于 2013 年 7 月推出了 Multisim 的最新版本 Multisim 13, 它提供了一个非常大的元件数据库, 并提供原理图输入接口, 具有丰富的仿真分析能力。其主要特点如下:

#### (1) 直观的图形界面

整个操作界面就像一个电子实验工作台, 绘制电路所需的元器件和仿真所需的测试仪器均可直接拖放到屏幕上, 软件中仪器的面板和操作方式与实物相似, 测量数据、波形以及特性曲线的显示就如同在真实仪器上看到的一样。

#### (2) 丰富的元器件

软件中提供了世界主流元件提供商的超过 26 000 种元件, 用户可以方便地对元件的各种参数进行编辑修改, 同时也可以新建或扩充已有的元器件库, 而且建库所需的元器件参数可以从生产厂商的产品使用手册中查到。

#### (3) 丰富的测试仪器

虚拟测试仪器仪表种类齐全, 包括万用表、函数信号发生器、双踪示波器、直流电源、波特图仪、字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换器、失真仪、频谱分析仪和网络分析仪等。

#### (4) 详细的电路分析功能

提供瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、电路的噪声分析和失真分析、离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析等电路分析方法, 以帮助设计人员分析电路的性能。

#### (5) 强大的 MCU 模块

支持 4 种类型的单片机芯片, 支持对外部 RAM、外部 ROM、键盘和 LCD 等外围设备的仿真, 分别对 4 种类型芯片提供汇编和编译支持; 所建项目支持 C 代码、汇编代码以及十六进制代码, 并兼容第三方工具源代码; 包含设置断点、单步运行、查看和编辑内部 RAM、特殊功能寄存器等高级调试功能。

### (6) 完善的后处理

可以对分析结果进行的数学运算操作类型包括算术运算、三角运算、指数运算、对数运算、复合运算、向量运算和逻辑运算等。

### (7) 详细的报告

能够呈现材料清单、元件详细报告、网络报表、原理图统计报告、多余门电路报告、模型数据报告、交叉报表等多种报告。

### (8) 兼容性好的信息转换

提供了转换原理图和仿真数据到其他程序的方法，可以输出原理图到 PCB 布线（如 Ultiboard、Protel 等）；输出仿真结果到 Mathcad、Excel 或 LabVIEW；输出网络表文件；提供 Internet Design Sharing（互联网共享文件）等。

---

## 1.2 Multisim 13 的用户界面

---

Multisim 官方网站提供了针对不同人群的试用版本，大家可以根据情况下载安装。安装完成后，执行开始→所有程序命令，找到 National Instruments 文件夹，展开后如图 1-1 所示，可以发现 Multisim 系列软件由以下两部分组成：

- **Multisim 13.0**：电路仿真设计模块。
- **Ultiboard 13.0**：PCB 设计模块。

这两个部分相互独立，可以分别使用。它们相互配合，可以完成从电路仿真设计到电路板图生成的全过程。本书主要讲述 Multisim 13.0 电路仿真设计模块的功能。



图 1-1 Multisim 软件组成

启动 Multisim 13.0，新创建的电路原理图文件将以默认名称 Design1 命名，其操作界面如图 1-2 所示，主要包括菜单栏、标准工具栏、元器件工具栏、仿真开关、虚拟仪器工具栏、设计工具箱、电路窗口、电路元件属性窗口等。

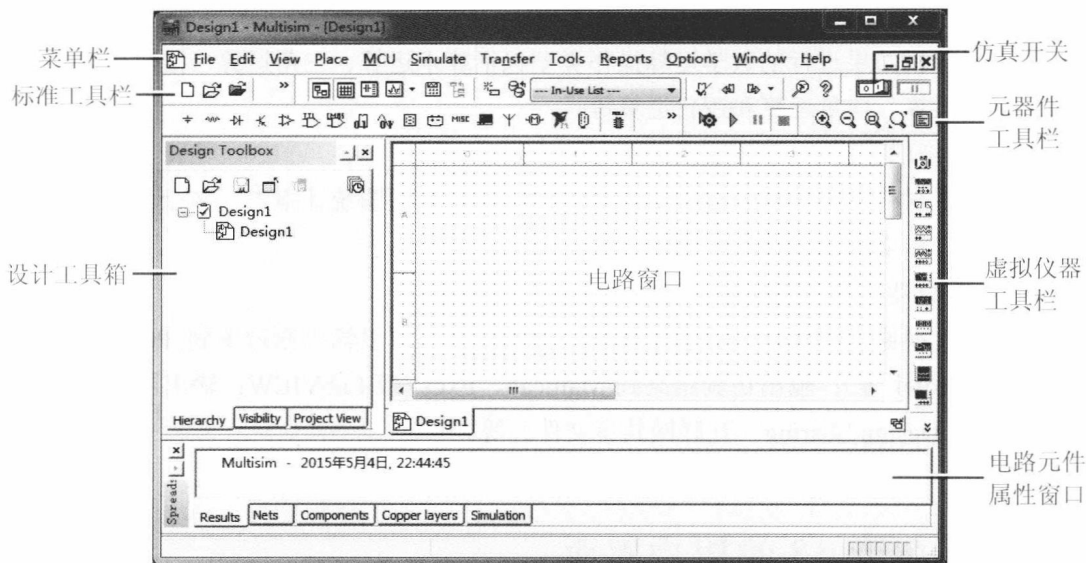


图 1-2 Multisim 13.0 操作界面

下面我们分别进行介绍。

## 1.2.1 菜单栏

Multisim 13 共有 12 个主菜单，如图 1-3 所示，菜单中提供了本软件几乎所有的功能命令。菜单栏从左至右依次为 File（文件）、Edit（编辑）、View（视图）、Place（放置）、MCU（单片机仿真）、Simulate（仿真）、Transfer（文件输出）、Tools（工具）、Reports（报告）、Options（选项）、Window（窗口）和 Help（帮助）。

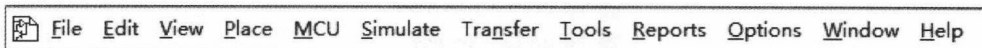


图 1-3 Multisim 13 菜单栏

### 1. File（文件）菜单

File（文件）菜单用于对电路文件进行管理，其命令及功能具体如下：

- |              |                      |
|--------------|----------------------|
| New          | 建立新文件                |
| Open         | 打开文件                 |
| Open samples | 打开例子（Samples）文件夹中的文件 |
| Close        | 关闭当前电路工作区文件          |
| Close all    | 关闭所有文件               |

Save	保存, 将当前电路工作区文件存入磁盘
Save as	另存为, 将当前电路工作区文件以其他文件名存盘
Save all	将所有文件(包括状态栏内)存入磁盘
Export template	导出模板
Snippets	片段处理
Projects and packing	项目与打包
Print	打印
Print preview	打印预览
Print options	打印选项设置
Recent designs	最近曾打开过的设计文件
Recent projects	最近曾打开过的项目组
File information	文件信息
Exit	关闭当前文件, 退出电子工作平台

## 2. Edit (编辑) 菜单

Edit (编辑) 菜单用于对电路窗口中的电路图或元件进行编辑操作, 其命令及功能具体如下:

Undo	取消前一操作
Redo	恢复前一操作
Cut	剪切
Copy	复制
Paste	粘贴
Paste special	选择性粘贴
Delete	删除
Delete multi-page	多页删除
Select all	全选
Find	查找电路中的元器件
Merge selected buses	合并所选总线
Graphic annotation	图形注释(设置图表框线、文字等参数)
Order	使所选择图表项目内容上移或下移一层
Assign to layer	图层赋值
Layer settings	图层设置
Orientation	设置元器件旋转方位
Align	对齐



Title block position	设置电路图标题栏位置
Edit symbol/title block	编辑元器件符号或标题栏
Font	字体设置
Comment	注释
Forms/questions	表单/问题
Properties	属性

### 3. View (视图) 菜单

View (视图) 菜单用来显示或隐藏电路窗口中的某些内容 (如电路图的放大缩小、工具栏、栅格等), 其命令及功能具体如下:

Full screen	全屏显示
Parent sheet	显示子电路或分层电路的父结点
Zoom in	放大电路窗口
Zoom out	缩小电路窗口
Zoom area	缩放面积
Zoom sheet	缩放到适合的页面
Zoom to magnification	按比例缩放到适合的页面
Zoom selection	缩放所选内容
Grid	显示或者关闭栅格
Border	显示或者关闭边界
Print page bounds	打印页边界
Ruler bars	显示或者关闭标尺栏
Status bar	显示或者关闭状态栏
Design Toolbox	显示或者关闭设计工具箱
Spreadsheet View	显示或者关闭电路元件属性视窗
SPICE Netlist Viewer	SPICE 网表查看器
LabVIEW Co-simulation Terminals	LabVIEW 协同仿真终端
Circuit Parameters	电路参数
Description Box	显示或者关闭电路描述工具箱
Toolbars	显示或者关闭工具箱
Show comment/probe	显示或者关闭注释/标注
Grapher	显示或者隐藏仿真结果的图表

### 4. Place (放置) 菜单

Place (放置) 菜单用来在电路窗口中放置元件、节点、总线、文本或图形等, 其命令