

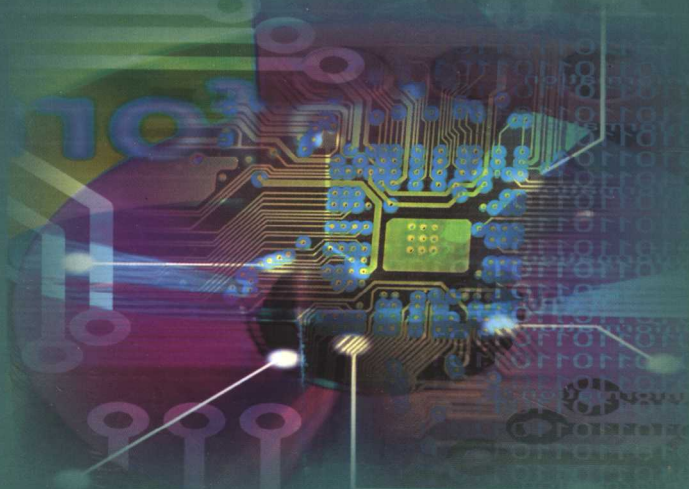
21 世纪高职高专电子与信息类专业系列教材



E D A J I S H U J I C H U

EDA 技术基础

主 编 朱运航



华中科技大学出版社
<http://press.hust.edu.cn>

21 世纪高职高专电子与信息类专业系列教材

EDA 技术基础

主 编 朱运航

副主编 陈贵银 周永东 万胜前

参 编 刘悦音 李 斌 余峰浩

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术基础/朱运航 主编

武汉:华中科技大学出版社,2004 年 7 月

ISBN 7-5609-3177-4

I. E...

II. ①朱... ②陈... ③周... ④万...

III. 电子电路-高等学校-教材

IV. TN710

EDA 技术基础

朱运航 主编

责任编辑:谢燕群

封面设计:潘 群

责任校对:陈 骏

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×960 1/16

印张:16

字数:280 000

版次:2004 年 7 月第 1 版

印次:2006 年 1 月第 2 次印刷

定价:20.80 元

ISBN 7-5609-3177-4/TN·84

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书简要介绍了 EDA 技术的基本概念, EDA 设计中一些常用软件的操作; 详细阐述了运用 Protel 99SE 进行原理图、印制板设计的方法; 详细介绍了电子工作平台 EWB 软件的相关知识以及运用 EWB 进行电子电路仿真的方法及操作; 同时还介绍了运用在线可编程技术软件 ispEXPERT 进行设计输入、编译、仿真及在系统编程的方法。另外还简要介绍了 EWB 的最新版本 Multisim2001 的特点。

本书条理清楚, 层次分明, 并运用了大量的例题, 充分突出了高等职业教育的特点, 注重实际应用与操作能力的培养, 可作为高职高专电子与信息类专业教材, 也可作为电子工程设计人员的参考用书。

21 世纪高职高专电子与信息类专业 系列教材编委会

主 任 谢自美（华中科技大学电子与信息工程学院教授）

委 员（以姓氏笔画为序）

尹立贤（湖南信息职业技术学院信息工程系主任）

刘小芹（武汉职业技术学院副院长）

刘继清（武汉船舶职业技术学院电气与信息工程系主任）

刘晓魁（湖南生物机电职业技术学院计算机信息工程系主任）

李绍唐（湖南科技职业学院院长）

姚建永（武汉职业技术学院电子信息工程系主任）

黄新民（湖南信息职业技术学院副院长）

韩卫宏（武汉市仪表电子学校副校长）

熊 绪（武汉船舶职业技术学院教务处处长）

前 言

目前,市面上的电子设计软件包很多,就其功能而言,各有千秋。本书主要介绍其中具有代表性的三个 EDA 软件的应用。

由于 Protel 软件包的功能强大,实用性强,且能方便地实现与其他 EDA 软件的无缝链接,所以本书选择 Protel 99 SE 作为核心软件。通过学习这个软件,可以学会原理图的绘制,掌握印制电路板的设计制作方法。

Electronic Workbench (EWB) 与其他电路仿真软件相比,具有界面直观、操作方便等优点。用它来创建电路、选用元器件和测试仪器时均可直接从屏幕图形中选取,而且测试仪器时如同在真实仪器上测试,因此,既方便学习,又能引起读者的兴趣。本书主要介绍运用该软件所提供的虚拟仪器及仿真分析方法对电路进行仿真分析。

为了充分理解现代电子设计自动化技术及 EDA 最基本的特征,本书还介绍了在线可编程技术、硬件描述语言及 ispEXPERT 软件的基本操作。通过这一部分的学习,读者可以了解当前 EDA 技术的最新概念、设计思想和设计手段等。

本课程实践性强,学习时应注意理论学习与实践操作有机结合,尽量多操作,提高使用软件的熟练程度。

本书由湖南信息职业技术学院的朱运航老师担任主编。第 1 章由长沙航空职业技术学院的刘悦音老师编写,第 2 章由武汉船舶职业技术学院的陈贵银老师编写,第 3 章、第 4 章由武汉市仪表电子学校的周永东老师编写,第 5 章的 5.1~5.8 节由湖南信息职业技术学院的李斌老师编写,绪言、第 5 章的 5.9 节、第 6 章由湖南信息职业技术学院的朱运航老师编写。

由于时间仓促,水平有限,难免出现错漏,请同行专家及广大读者批评指正。

编 者
2004 年 3 月

目 录

绪论	(1)
0.1 EDA 技术	(1)
0.1.1 EDA 的技术范畴	(1)
0.1.2 EDA 的基本工具	(2)
0.2 常用 EDA 软件简介	(2)
第 1 章 Protel 99SE 概述	(5)
1.1 Protel 99SE 简介	(5)
1.1.1 Protel 99SE 的组成	(5)
1.1.2 Protel 99SE 的主要特点	(6)
1.2 Protel 99SE 操作基础	(7)
1.2.1 Protel 99SE 主界面	(7)
1.2.2 创建设计数据库	(8)
1.2.3 在设计数据库中创建设计文件	(9)
1.3 Protel 99SE 的工作环境设置	(11)
1.3.1 系统字体设置	(11)
1.3.2 原理图设计环境设置	(12)
1.4 Protel 99SE 的文件管理	(16)
1.4.1 文件管理模式	(16)
1.4.2 文件类型	(16)
1.4.3 文件的打开、关闭、删除和恢复	(17)
1.4.4 系统的文件组成	(18)
本章小结	(18)
练习题	(18)
第 2 章 Protel 99SE 原理图设计	(19)
2.1 简单电路原理图设计	(19)
2.1.1 设置原理图环境参数	(20)
2.1.2 添加元件库	(21)
2.1.3 搭接电路原理图	(23)

2.2 复杂电路原理图设计	(30)
2.2.1 使用总线搭接电路	(30)
2.2.2 电气法则 (ERC) 测试	(32)
2.2.3 电路图操作中辅助设计手段	(34)
2.3 层次电路原理图设计	(39)
2.3.1 层次电路原理图的建立	(39)
2.3.2 层次原理图的管理	(42)
2.4 编辑元件与创建原理图元件	(43)
2.4.1 元件库编辑器	(43)
2.4.2 修改原理图元件	(48)
2.4.3 创建原理图元件	(49)
2.5 报表的生成与原理图的打印	(54)
2.5.1 网络表的生成	(54)
2.5.2 元件报表的生成	(59)
2.5.3 库元件的报表生成及规则检查	(59)
2.5.4 原理图的打印	(62)
本章小结	(63)
练习题	(63)
第 3 章 印制板的基本知识	(65)
3.1 印制电路板的结构和分类	(65)
3.1.1 印制电路板的结构	(65)
3.1.2 印制电路板的分类	(66)
3.2 印制电路板的设计和制作	(66)
3.2.1 手工设计印制电路板	(66)
3.2.2 自动设计印制电路板	(67)
3.2.3 印制板的加工制作	(67)
3.3 印制电路板的布局、布线原则	(68)
3.3.1 元件布局的原则	(68)
3.3.2 布线的一般原则	(69)
3.4 相关概念	(70)
本章小结	(73)
练习题	(73)

第 4 章 印制电路板 (PCB) 设计	(74)
4.1 PCB 编辑器工作环境及设置	(74)
4.1.1 PCB 编辑器工作环境	(74)
4.1.2 工作层面的管理	(75)
4.1.3 环境参数的设置	(77)
4.2 手工设计印制电路板	(81)
4.2.1 设置参数	(81)
4.2.2 添加元件封装库并放置元件封装	(83)
4.2.3 手工布局、布线	(85)
4.2.4 确定电路板的边界, 安装定位孔	(89)
4.2.5 保存文件	(90)
4.3 自动设计印制电路板	(90)
4.3.1 修改元件封装, 生成网络表	(91)
4.3.2 规划电路板	(92)
4.3.3 自动调入元件封装并进行自动布局	(92)
4.3.4 自动布线规则与自动布线	(100)
4.3.5 手工修改	(109)
4.3.6 布线规则检查	(110)
4.3.7 检查 PCB 正确性	(111)
4.3.8 报表文件输出	(112)
4.3.9 电路板的立体效果图	(113)
4.3.10 文件的保存与打印	(113)
4.4 多层电路板设计	(113)
4.4.1 多层电路板工作层面的增加	(114)
4.4.2 多层电路板的布线	(115)
4.5 PCB 元件的制作	(116)
4.5.1 利用向导制作元件	(117)
4.5.2 手工制作元件	(121)
4.6 PCB 设计技巧	(123)
4.6.1 补泪滴	(123)
4.6.2 放置矩形填充	(124)
4.6.3 放置多边形平面填充	(125)
本章小结	(126)
练习题	(126)

第 5 章 Electronics Workbench 及电路仿真	(130)
5.1 EWB 的基本界面	(130)
5.1.1 EWB 工具栏	(131)
5.1.2 EWB 元器件库栏	(131)
5.2 EWB 的基本操作	(132)
5.2.1 元器件的操作	(132)
5.2.2 连线的操作	(136)
5.2.3 连接仪器仪表	(138)
5.2.4 观察实验结果	(138)
5.2.5 实验电路的保存和输出	(138)
5.3 子电路的生成与使用	(139)
5.3.1 定义子电路	(139)
5.3.2 子电路的保存与调用	(140)
5.4 元器件的创建	(140)
5.4.1 新建元器件库	(141)
5.4.2 创建新元器件	(141)
5.4.3 元器件和元器件库的删除	(142)
5.5 仪器仪表的基本操作	(142)
5.5.1 仪表的使用	(142)
5.5.2 仪器的使用	(143)
5.6 使用仪器仪表进行电路分析实例	(150)
5.6.1 分压偏置放大电路的调试与分析	(150)
5.6.2 8421 数码管显示电路	(153)
5.7 电路的仿真分析	(154)
5.7.1 电路仿真的操作步骤	(155)
5.7.2 直流工作点分析	(155)
5.7.3 交流频率分析	(156)
5.7.4 瞬态分析	(157)
5.7.5 傅里叶分析	(158)
5.7.6 噪声分析	(160)
5.7.7 失真分析	(161)
5.7.8 参数扫描分析	(163)
5.7.9 温度扫描分析	(165)
5.7.10 仿真过程的不收敛和分析失效问题	(167)

5.8 网络表文件与印制板设计	(168)
5.9 Multisim 2001 简介	(168)
5.9.1 Multisim2001 的特点	(168)
5.9.2 Multisim2001 的基本界面	(169)
5.9.3 Multisim2001 的分析方法	(175)
5.9.4 Multisim2001 的后处理功能	(179)
本章小结	(187)
练习题	(188)
第 6 章 在线可编程技术应用软件	(192)
6.1 可编程逻辑器件及设计	(192)
6.1.1 可编程逻辑器件	(192)
6.1.2 PLD 的设计	(192)
6.2 在系统可编程逻辑器件	(193)
6.2.1 ispLSI 系列器件	(193)
6.2.2 编程接口和编程	(196)
6.2.3 ISP 器件设计流程	(198)
6.3 ABEL-HDL	(201)
6.3.1 硬件描述语言概述	(201)
6.3.2 ABEL-HDL 的基本语法	(201)
6.3.3 ABEL-HDL 源文件的基本结构	(204)
6.3.4 ABEL-HDL 设计实例	(208)
6.4 在系统可编程逻辑器件开发系统	(208)
6.4.1 isp DesignEXPERT 系统软件主要特征	(209)
6.4.2 ispDesignEXPERT 8.3 原理图设计	(209)
6.4.3 设计的编译与仿真	(214)
6.4.4 ABEL 语言和原理图的混合输入	(220)
6.4.5 在系统编程的操作方法	(224)
本章小结	(227)
练习题	(227)
附录 A Protel 99SE 常用的原理图元件	(229)
附录 B 常用的 PCB 库元件	(233)
附录 C EWB 元器件图形库	(236)
参考方献	(241)

绪 论

【内容提要】 本章主要介绍 EDA 技术的概念、基本工具及 EDA 技术的范畴，并对常用 EDA 软件进行一个简要的描述。

半个世纪以来，电子工程设计主要以手工操作和计算机辅助设计（Computer Aided Design）为主。随着电子器件和计算机软件不断发展，电子设计自动化（Electronic Design Automatic，简称 EDA）也得到了发展。特别是在 20 世纪末，在系统编程（ISP）技术的出现，实现了真正意义上的电子设计自动化，它以采用高级语言描述、具有系统级仿真和综合能力为基本特征，受到广大用户的欢迎。

在现代电子系统设计领域，EDA 技术已经成为电子系统设计的重要手段。

0.1 EDA 技术

0.1.1 EDA 的技术范畴

EDA 是指以计算机硬件和系统软件为基本工作平台，继承和借鉴前人在电路和系统、数据库、图形学和拓扑逻辑、计算数学、优化理论等多学科的最新科技成果而研制成的。它旨在帮助电子设计工程师在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至 PCB（印制电路板）的自动设计。

与早期的电子 CAD 软件相比，EDA 软件的自动化程度更高，功能更完善，运行速度更快，而且操作界面更友好，有良好的数据开放性和互换性，即不同厂商的 EDA 软件可相互兼容，因此，EDA 技术很快在各大公司、企业和科研单位得到广泛应用，并已成为衡量一个国家电子技术发展水平的重要标志。

EDA 技术的范畴包括电子工程师进行产品开发的全过程，以及电子产品生产的全过程中期望由计算机提供的各种辅助工作。纵向看，EDA 技术可以简单地认为覆盖系统级、电路级和物理实现级三个层次上的辅助设计技术。横向看，EDA 技术包括电子电路从低频到微波，从线性到非线性，从模拟到数字，从分立器件到集成电路的全部设计。

0.1.2 EDA 的基本工具

集成电路技术的进展不断对 EDA 技术提出新的要求,促进了 EDA 技术的发展。EDA 技术的发展经历了两个大的阶段,即物理工具阶段和逻辑工具阶段。物理工具用来完成设计中的实际物理设计,如元器件布局、印制电路板布线等。它同时还提供一些设计的电气性能分析,如设计规则检查。逻辑工具是基于网表、布尔逻辑、传输时序的概念。首先由原理图编辑器或硬件描述语言进行设计输入,再利用 EDA 系统完成逻辑综合、仿真、优化等工作,最后生成物理工具可以接受的网表或硬件描述语言的结构化描述。

EDA 的基本工具可以分为编辑器、仿真器、检查/分析工具、优化/综合工具等。

1. 编辑器

编辑器包括文字编辑器和图形编辑器两部分。图形编辑器可以用于硬件设计的各个层次。在版图级,图形编辑器可以用来编辑表示硅工艺加工过程的几何图形。在高于版图级层次的其他级,图形编辑器可用来编辑硬件系统的方框图和原理图等。典型的原理图输入工具至少应包括以下三个组成部分或功能。

- ① 基本单元符号库。主要包括基本单元的图形符号和仿真模型。
- ② 原理图逻辑器的编辑功能。
- ③ 产生网表的功能。

2. 仿真器

仿真器又称为模拟器,主要用来帮助设计者验证设计的正确性。

3. 检查/分析工具

在电路设计的各个层次都要用到检查/分析工具。在版图级,必须用设计规则检查工具来保证版图所表示的电路可以可靠地制造出来。在高于版图级层次的其他级,检查/分析工具可以用来检查是否有违反电气规则的连接。

4. 优化/综合工具

优化/综合工具用来把一种硬件描述转换为另一种描述,其转换过程通常伴随着设计的某种改进。

0.2 常用 EDA 软件简介

1. OrCAD/Pspice9

Pspice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 是美国 MicroSim

公司于 20 世纪 80 年代开发的电路模拟分析软件。1998 年, EDA 界著名的厂家 OrCAD 与 MicroSim 公司实现强强联合, 推出了最新版本的 OrCAD/Pspice9, 它不仅可以对电路进行直流、交流、瞬态等基本电路特性分析, 还可进行最坏情况分析, 优化设计等复杂的电路特性分析; 它不仅可以进行模拟分析, 还可进行数字电路、模拟/数字混合电路分析。OrCAD/Pspice9 的模型库中包含上万个模拟器件和数字器件, 并可方便地生成新元器件模型。它的一切仿真都可在原理图窗口下进行, 方便快捷。

2. Electronic Workbench

Electronic Workbench 软件是加拿大 Interactive Image Technologies (简称为 IIT) 公司于 20 世纪 80 年代末 90 年代初推出的专门用于电子线路仿真的“电子工作平台”, 简记为 EWB。它可以仿真模拟电路、数字电路和混合电路, 具有非常丰富的电路分析功能(瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、线性 and 非线性分析、噪声和失真分析等 14 种分析方法), 还可以对被仿真电路中的元器件人为设置故障。目前已在电子工程设计和电工电子类课程教学领域得到广泛应用。

随着技术的发展, EWB 也经过了多个版本的衍变, 目前国内常见的版本有 4.0d 和 5.0c。从 6.0 版本开始, EWB 进行了全套规模的改动, 仿真设计的模块更名为 Multisim, Electronics Workbench Layout 模块更名为 Ultiboard (PCB 软件)。2001 年, IIT 公司推出了 Multisim 的最新版本 Multisim2001, 对先前的版本进行了许多改进。

3. Protel

Protel 软件包是 20 世纪 90 年代初澳大利亚 Protel Technology 公司研制开发的电子 CAD 软件, 先后推出了在 Windows 下运行的多个版本。最新的 Protel99 将电路原理图编辑、电路仿真测试、PLD 设计和印制电路板设计等功能融合在一起。由于 Protel 99 有强大的功能和方便的操作, 因此, 成为风靡全球的大型电子设计自动化畅销软件, 在我国电子行业中其知名度很高, 普及程度很广。它包括五大组件: 原理图设计系统、印制电路板设计系统、无网格布线系统、可编程逻辑器件设计系统、电路仿真系统。

Protel 公司于 2002 年正式推出强大 EDA 综合设计环境 Protel DXP, 其功能模块包括原理图设计、印制电路板设计、电路信号仿真、可编程逻辑元件设计、现场可编程门阵列 (FPGA) 电路设计以及硬件描述语言 (VHDL) 设计编译模块等。

4. ispEXPERT

1992 年, 美国 Lattice 公司开发了在系统可编程 (In System Programmability, 简称 ISP) 技术。ISP 技术的特点是可以不用编程器, 用户直接在自己设计的目标系统中或线路板上对可编程器件进行编程; 可以先装配后编程, 即使成为产品后还可以反复编程, 即用户无需从电路板上拆下芯片就可改变芯片的逻辑内容, 并

可在现场对系统进行逻辑重构和升级,使硬件能够随时改变组态,从而实现了硬件设计的软件化。ispEXPERT 是 Lattice 公司推出的数字系统设计软件,它是一套完整的 EDA 软件。

5. PAC-Designer

1999 年 11 月,美国 Lattice 公司推出了在系统可编程模拟器件,翻开了模拟电路设计方法的新篇章,为电子设计自动化技术开拓了更广阔的前景。与在系统数字可编程逻辑器件 (ispPLD) 一样,在系统可编程模拟器件 (ispPAC) 允许设计开发软件在计算机中设计、修改模拟电路,进行电路特性模拟,最后通过编程电缆将设计方案下载至芯片中。在系统可编程模拟器件可实现三种功能:信号调整(放大、衰减、滤波等),信号运算(求和、求差、积分等),信号比较和转换(比较器、数模转换器等)。ispPAC 的开发软件为 PAC-Designer。

第 1 章 Protel 99SE 概述

【内容提要】 本章介绍 Protel 99SE 的一些基础知识, 包括 Protel 99SE 的组成、特点, 数据库文件的创建, Protel 99SE 工作环境设置及文件管理等内容。通过本章的学习, 读者将对 Protel 99SE 有一个基本了解。

1.1 Protel 99SE 简介

Protel 99SE 是澳大利亚 Protel Technology 公司推出的一个全 32 位的电路板设计软件。该软件功能强大, 人机界面友好。使用该软件可以容易地设计电路原理图, 绘制元件图, 设计电路板图, 绘制元件封装图, 还可以进行电路仿真。

1.1.1 Protel 99SE 的组成

Protel 99SE 软件主要包括原理图设计系统、印制电路板设计系统、无网格布线系统、可编程逻辑器件设计系统、电路仿真系统等五大组件。其中, 原理图设计系统和印制电路板设计系统是本书将要介绍的两个主要组件。

1. 原理图设计系统

原理图设计系统是用于原理图设计的 Advanced Schematic 系统, 包括用于设计原理图的原理图编辑器 SCH 以及用于修改、创建零件的零件库编辑器 SchLib。图 1-1 是用 Protel 99SE 原理图编辑器设计的电路原理图。

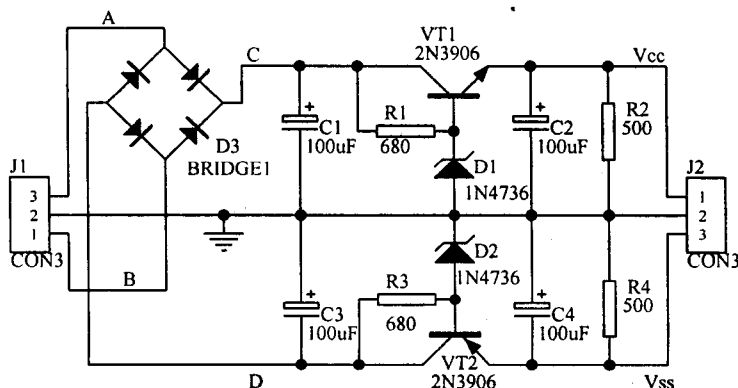


图 1-1 用 Protel 99SE 设计的电路原理图

说明: Protel 99SE 软件自带的电气图形符号及单位采用的是系统自带的, 与国标有些不同, 如

单位 $\mu\text{F} \rightarrow \mu\text{F}$, $\text{ohm} \rightarrow \Omega$



2. 印制电路板设计系统

印制电路板设计系统是用于电路板设计的 Advanced PCB 系统, 包括用于设计电路板的电路板编辑器 PCB 以及用于修改、创建零件封装的零件封装编辑器 PCBLib。如图 1-2 所示是用 Protel 99SE 印制电路板编辑器设计的印制电路板。

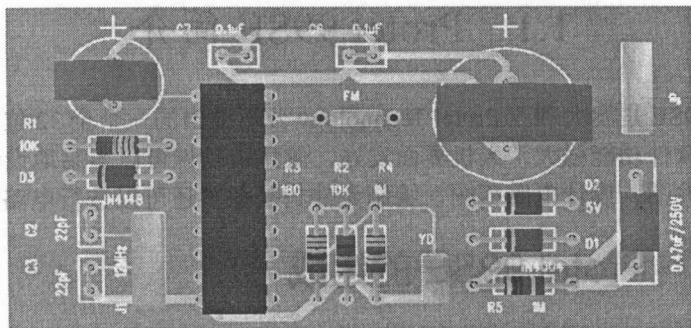


图 1-2 用 Protel 99SE 设计的印制电路板

1.1.2 Protel 99SE 的主要特点

1. 支持层次化设计

随着电路的日益复杂, 电路设计也日益采用层次化 (Hierarchy) 设计方法。Protel 99SE 支持由上到下或由下到上的层次电路设计, 能够完成大型、复杂的电路设计。

2. 具有丰富而又灵活的编辑功能

- ① 自动连接功能。电气栅格特性提供了所有电气元件的自动连接。
- ② 交互式全局编辑功能。只要在任何设计对象上双击鼠标左键, 就可打开其对话框, 进行属性设置和修改。
- ③ 便捷的选择功能。可以选择全体, 也可以选择某个单项, 或者一个区域。可以移动、旋转已选中的对象, 也可以使用相关命令或工具进行剪切、拷贝及多层撤销等操作。

3. 强大的设计自动化功能

- ① 设计检验 ERC (电气法则检查)。它可以按照用户指定的物理或逻辑特性对大型复杂设计进行快速检查, 而且可以输出各种物理或逻辑冲突的报告, 并将