



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电工电子实验课程系列教材

电工学新技术实践

第2版

吴建强 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电工电子实验课程系列教材

电工学新技术实践

第 2 版

主编 吴建强
参编 郑雪梅 廉玉欣
李浩昱 王宇红
主审 唐 介 刘润华



机械工业出版社

《电工学新技术实践》一书主要包括电工、电子电路的计算机仿真技术、EDA (FPGA/CPLD) 技术、可编程序控制器 (PLC) 技术和变频调速器技术等。此外还在书中特意安排了电子电路设计专题的实践内容 (模拟和数字部分)。其目的是使学生了解和掌握电工学领域内的一些实用的高新技术, 提高学生掌握实用高新技术和综合用电的技能, 增强他们的工程实践能力。在训练他们掌握高技术工程技能的同时, 也完成了对学生的知识、能力、素质、创新精神和综合能力的全面培养, 实践了以学生为本的实验教学理念, 从而提升了实验教学质量和水平。

本书读者对象为高等工院校机械设计制造及其自动化专业、机电一体化专业师生, 亦可供科技人员学习参考。

本书配有免费电子课件, 欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工学新技术实践/吴建强主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2009. 8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工电子实验课程系列教材

ISBN 978-7-111-27639-5

I. 电… II. 吴… III. 电工学 - 高等学校 - 教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 117011 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚毅 责任印制: 邓博

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16 印张 · 393 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-27639-5

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话 (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《电工学新技术实践》一书的第2版本着与时俱进的原则，采用了一些在技术上更为先进的软件和设备，在2003年出版的第1版的体系框架下，对书中一些章节的内容进行了更新和修订。

在第1章中使用了原来OrCAD9.2的升级软件OrCAD15.7，并对章节中的一些内容进行了更新和调整。

第2章的电子电路设计部分做了较大的修改，在设计的过程中，特别注重对学生的创新能力的培养，实践题目由原来的单纯设计型的题目加入了一些要求学生创新的元素。

第4章中采用近年推出的新型高功能的FP-X型可编程序控制器代替了第1版使用的FP1型可编程序控制器，所以在此章内容上进行了一些更新和调整。

第5章应用了当前技术更为先进的带有网络控制功能的松下电工小型VFOC变频器，在第1版变频器外控模式的使用方法基础上，又加入了PLC以通信的方式对变频器进行控制的新内容。

“电工学新技术实践”课程既能加强电工、电子、现代传动及其控制的基本理论、基本知识、基本技能的训练，又能反映当代先进水平、与各相关学科交叉渗透，有助于完成对学生的知识、能力、素质、创新精神和综合能力的全面培养。

参加第2版编写工作的有哈尔滨工业大学电工电子实验教学中心的王宇红（第1章）、廉玉欣（第2章、附录C、D），哈尔滨工业大学电工学教研室的李浩昱（第3章、附录A、B），吴建强（第4章和附录E），郑雪梅（第5章、附录F、G）等五位老师，全书最后由吴建强统稿、定稿。

对于书中的错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

第1版前言

“电工学”是本科非电类专业一门非常重要的技术基础课，其特点是知识面宽、内容丰富，不但具有很强的理论性，而且具有很强的实践性和实用性。

现在的电工学实践教学内容 and 体系虽然在某些方面进行了改革和调整，但同满足现代科学和技术发展的要求，同教育部要求加强素质教育的要求仍有一定的差距。另外，当今社会对改善学生知识结构和掌握一些高新技术能力的要求也在不断提高。为此，哈尔滨工业大学电工学教研室在经过几年的探索和实践以后，开设“电工学新技术实践”一门新课，其目的是训练在校学生了解和掌握电工学领域内的一些实用的高新技术，提高学生掌握实用高新技术和综合用电的技能，增强他们的实践能力。

重视实践教学，加强学生动手能力的培养一直是我校深化教育教学改革、提高实验教学质量 and 水平，培养实践能力、创新能力的重点。可以预见，学生在学完此门课程之后，在对电工学理论的理解，对高新技术的掌握，以及在以后的技术实践中，具有更多的本领、更高的能力和处于更有利的竞争地位，以适应将来的挑战。《电工学新技术实践》一书就是专门为该课程编写的教材。课程的总学时为32学时。

国内各高等院校对培养学生掌握高新技术、提高学生的高科技综合素质都非常重视。但像我校这样单独设课，较系统、较全面地教授电工学高新技术的情况还未见报道，可以说我们的这项教学实践项目在国内电工学教育领域内还是一项新的尝试。

“电工学新技术实践”课程既能加强电工、电子、现代传动及其控制的基本理论、基本知识、基本技能的训练，又能反映当代先进水平、与各相关学科交叉渗透，有助于完成对学生的知识、能力、素质、创新精神和综合能力的全面培养。

实践课中取消了一些不必要的验证性实验，加强了与工程实际密切联系的设计型、综合型实验，将当前电工、电子、传动与控制领域内有关的前沿性科学技术转化为实验教学内容，为电工学实践教学内容不断注入新活力。

实践性教学是把理论知识贯穿于实践活动，培养学生动手能力和创造性的有益措施，是培养面向社会的高质量适用型人才的有效途径，是素质教育的重要形式。实践性教学具有突出技能性和实践性的特点，拓宽了学生自主学习、主动学习的空间和领域，通过突出学生在实践教学中的主体意识的培养和个性发展，实践以学生为本的实验教学理念，从而提升了实验教学质量 and 水平。

随着科学技术的不断发展，以及素质教育的实现，改革实验教学模式，变实验课为实践课。这是对实验教学提出了更高的要求，因此必须改革实验教学模式，以适应人才培养的需要。这门课开设的意义在于在电工学教学实践中更进一步研究和健全“电工

学”这门课的课程体系、内容及课程中涉及到的各高新技术相互之间的关系和作用。这门课开在“电工学”课程之后，其本质上是一集自主性、设计性、综合性于一体的大型实验课。课程的主要内容是：

电工、电子电路的计算机仿真软件的使用（PspiceA/D）；

电子电路设计专题（模拟和数字部分）；

EDA（FPGA/CPLD）的使用；

可编程序控制器（PLC）的编程和应用；

变频调速器的使用。

参加本书编写工作的有哈尔滨工业大学电工学教研室王宇红、李小雯（第1章）、刘广萍、沈大威（第2章、附录C、D）李浩昱（第3章、附录A、B）、吴建强（第4章和附录E）、郑雪梅（第5章、附录F、G）等七位老师。全书由吴建强统稿、定稿。

由于该门课程是门新课，我们的经验还不足，加之编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章 OrCAD15.7 应用与实践 1

1.1 电路图的绘制 1

1.1.1 电路图编辑窗口的启动及介绍 1

1.1.2 电路图的绘制 5

1.2 电路的仿真模拟 14

1.2.1 PSpice 中的有关规定 14

1.2.2 PSpice 分析类型 16

1.3 Probe 模块的使用技巧 40

1.3.1 关于 Probe 的几点说明 40

1.3.2 Probe 的几点使用技巧 40

1.4 电路的优化设计 43

1.4.1 优化设计的介绍 43

1.4.2 优化设计的应用 44

1.5 实例解析 50

1.5.1 电工习题 50

1.5.2 电子习题 63

第 2 章 电子电路的设计 79

2.1 电子电路设计基本要求及其注意 事项 79

2.1.1 设计预习要求 79

2.1.2 设计验证须知 79

2.1.3 设计报告要求 80

2.1.4 安全及注意事项 80

2.2 模拟电子电路设计实例 80

2.2.1 逻辑信号电平测试器 80

2.2.2 水温控制系统 83

2.2.3 函数信号发生器设计 86

2.3 数字电子电路设计实例 88

2.3.1 交通信号灯控制器 88

2.3.2 汽车尾灯控制电路 92

2.3.3 数字频率计 95

第 3 章 可编程逻辑器件与 EDA

技术 99

3.1 电子系统设计与 EDA 技术 99

3.1.1 可编程逻辑器件的发展 99

3.1.2 PLD 技术和其他技术的比较 101

3.2 MAX + plus II 106

3.2.1 MAX + plus II 特点及功能 简介 106

3.2.2 图形输入方式应用 107

3.3 EDA 实践 127

第 4 章 可编程序控制器的编程和

应用 130

4.1 FP-X 型可编程序控制器简介 130

4.1.1 控制单元的介绍 130

4.1.2 技术性能 130

4.1.3 FP-XI/O 的分配及内部继电器 133

4.2 FPWIN GR 编程软件的使用 134

4.2.1 FPWIN GR 软件简介 135

4.2.2 FPWIN GR FP 软件的使用 136

4.2.3 FPWIN GR FP 软件编程实践 152

4.2.4 FPWIN GR 和 PLC 系统设置 153

4.3 可编程序控制器编程控制应用实践 157

4.3.1 可编程序控制器控制三相异步 电动机 158

4.3.2 可编程序控制器的工程控制 应用 159

第 5 章 变频调速器应用实践 162

5.1 变频调速的主要控制功能 162

5.1.1 三相异步电动机的调速方法 162

5.1.2 变频调速器的构成原理 162

5.1.3 变频调速的控制方式 162

5.2 松下 VFOC 小型变频器简介 164

5.3 变频器三相异步电动调速实践 168

附录	178	D. 2.3 使用方法	216
附录 A VHDL 程序基本结构及编程	178	D. 3 DS-8608A 型双踪示波器的功能菜单	217
A. 1 数据对象	179	D. 4 DS-8608A 型双踪示波器的光标测量方法	218
A. 2 数据类型	180	D. 5 DS-8608A 型双踪示波器的存储/调用功能	218
A. 3 运算符	182	附录 E 可编程控制器附录	221
A. 4 VHDL 的属性	183	E. 1 指令表	221
A. 5 VHDL 基本描述方法	183	E. 2 特殊内部继电器表	230
A. 6 VHDL 语言编程	186	E. 3 特殊数据寄存器表	232
附录 B EDA2000 实验箱使用说明	201	E. 4 FPWIN-GR 的编辑和程序监控功能	234
附录 C EEL-69 模拟、数字电子实验箱使用说明	209	E. 4.1 FPWIN-GR 的编辑功能	234
C. 1 概述	209	E. 4.2 FPWIN-GR 的程序监控功能	237
C. 2 EEL-69 模拟、数字电子技术实验箱组成介绍	209	附录 F 现代传动控制技术实验屏	243
C. 3 插板介绍	212	附录 G 松下 VFOC 小型变频器端子功能及其功能说明	244
附录 D DS-8608A 型示波器使用简介	214	G. 1 端子功能	244
D. 1 概述	214	G. 2 功能说明	244
D. 2 DS-8608A 型双踪示波器的功能及使用	214	参考文献	248
D. 2.1 面板介绍	214		
D. 2.2 屏幕显示	216		

第 1 章 OrCAD15.7 应用与实践

目前, 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 技术已被广泛应用到机械、建筑与服装等各行业。一般的设计方案包括提出、验证与修改等步骤。传统的设计方法需用人工完成所有设计步骤, 工作量大、费用高及效率低是其存在的常见问题。而采用 CAD 技术即利用计算机来帮助人工快速有效地完成设计项目, 使得设计效率大大提高, 并使设计质量得到保证。

CAD 技术在电子领域的成功应用形成并发展了电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术。如今, EDA 技术已成为不可或缺的重要的设计工具。

OrCAD15.7 是 EDA 工具软件中最受欢迎的软件工具之一, 它不仅可以进行模拟电路、逻辑电路的基本性能分析, 还可以进行傅里叶、蒙特卡罗等特殊性能的分析。另外, 它还在优化设计、印制电路板布线、CPLD 设计等方面显示出强劲优势。

本章由 5 小节构成, 按其内容相关性可划分为 4 部分。

1) 1.1 节和 1.2 节分别介绍电路图的绘制步骤及几种常用的 PSpice 仿真分析方法。一个完整的电路仿真过程包括两大步骤, 即电路图绘制与 PSpice 仿真分析。通过这两节的学习即可完成一个电路从绘制到获取仿真结果的全过程。

2) 1.3 节介绍 Probe 模块的使用技巧。将本节介绍的各种技巧灵活运用于仿真过程, 可更加方便地观察仿真结果。

3) 1.4 节为电路的优化设计。其中电路图的绘制工作需应用 1.1 节所述内容。

4) 1.5 节为实例解析。通过解析具体例题以期达到将所学知识融会贯通的目的。


1.1 电路图的绘制

利用 OrCAD/Capture CIS 电路原理图设计软件, 可以绘制各类模拟电路、数字电路和数/模混合电路的电路原理图, 并生成可供电路模拟软件 PSpice、印制电路板设计软件 Layout 调用的电连接网表软件。该软件不仅功能强大, 而且绘图容易, 使用极其方便。

1.1.1 电路图编辑窗口的启动及介绍

1. 电路图编辑窗口的进入

电路图的绘制工作需在电路图编辑窗口进行, 可按以下三个步骤进入该窗口:

(1) 启动 OrCAD/Capture 视窗 按  按钮, 点击程序 \ OrCAD 15.7 Demo \ OrCAD Capture CIS Demo, 即可启动 Capture CIS 软件, 进入如图 1-1 所示界面。

(2) 新建设计项目 在 Capture 主界面下, 点选菜单命令 File \ New \ Project, 屏幕显示 New Project 对话框, 如图 1-2 所示。

有关 New Project 对话框的说明及设置见表 1-1。

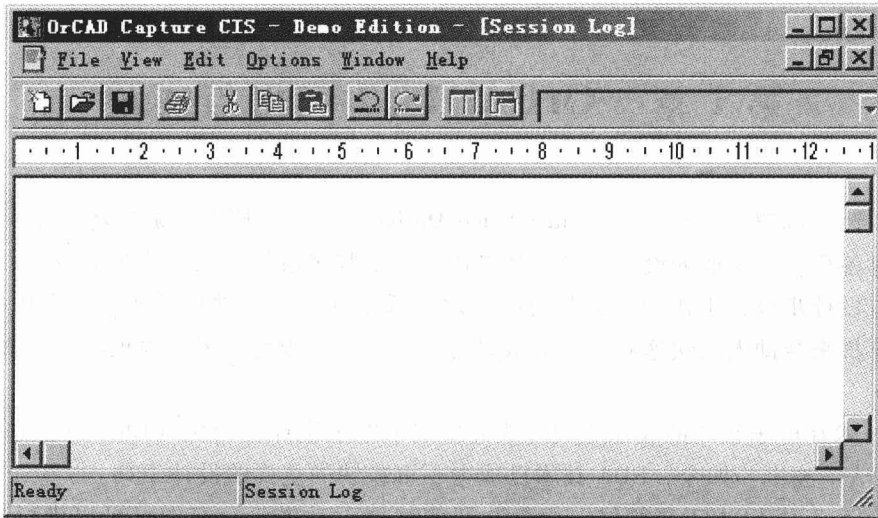


图 1-1 Capture CIS 主界面

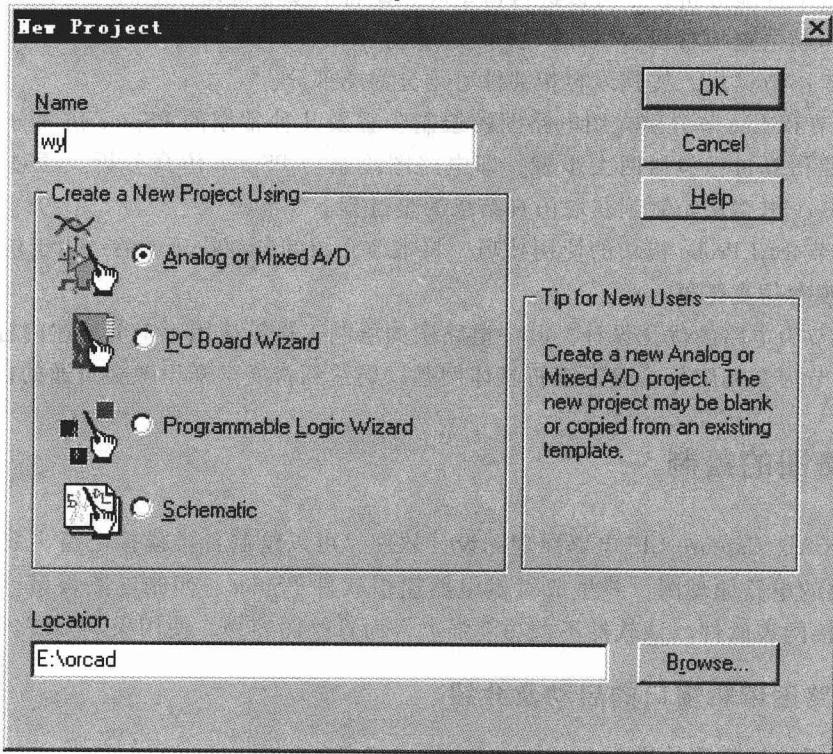


图 1-2 New Project 对话框

(3) 创建 PSpice 项目 输入各项之后，点击 **OK**，出现 Create PSpice Project 对话框，如图 1-3 所示。其中

- Create base upon an existing project 含义为基于一个已存在的设计项目。
- Create a blank project 含义为创建一个新的设计项目。

选中“Create a blank project”，点击 **OK**，进入如图 1-4 所示的电路图编辑窗口。

表 1-1 New Project 对话框的说明及设置

项 目	含 义	设 置
Name	设计项目名称	例: wy (项目名称不能包含汉字)
Create a New Project Using (项目类型)	Analog or Mixed A/D	模拟或混合电路分析, 用于 PSpice 仿真
	PC Board Wizard	用于印制电路板设计
	Programmable Logic Wizard	用于 CPLD 或 FPGA 设计
	Schematic	仅限于一般电路图绘制
Location	存储路径	例: E:\ orcad

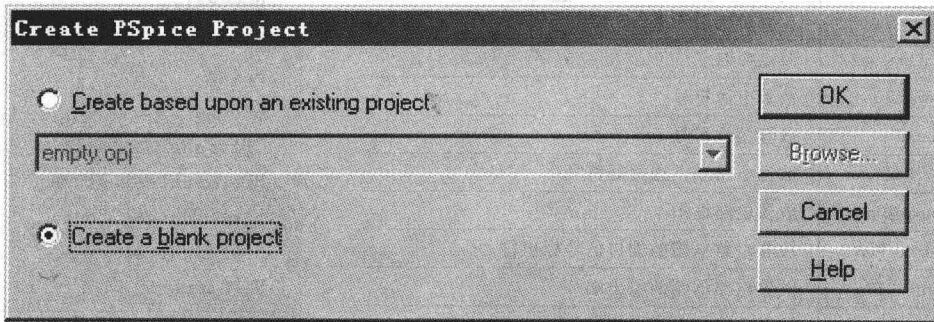


图 1-3 创建设计项目对话框

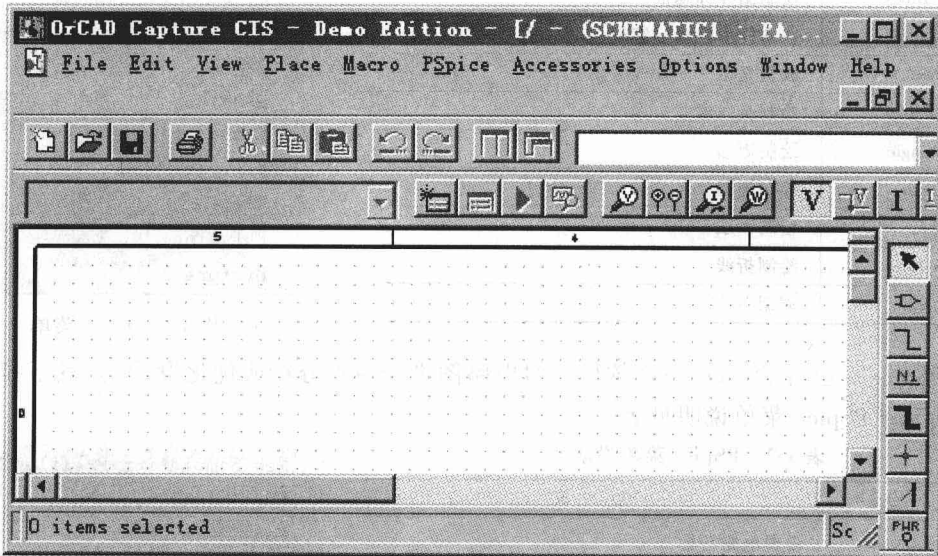


图 1-4 电路图编辑窗口

2. 电路图编辑窗口的介绍

电路图编辑窗口与一般的 Windows 窗口一样, 包括标题栏、主命令菜单栏、工具栏、工作区、滚动条和状态栏。本节主要介绍与 Capture 绘图软件、PSpice 仿真软件密切相关的几条主命令含义以及 Capture 绘图专用工具的功能。

(1) 主命令菜单 电路图编辑窗口包括 10 条主命令, 分别为 File (文件)、Edit (编辑)、View (视图)、Place (放置)、Macro (宏)、PSpice、Accessories (附件)、Options (选项)、Window (窗口) 和 Help (帮助)。其中大部分主命令与一般 Windows 窗口主命令

的功能相同，下面详细介绍一下 Place 命令菜单及 PSpice 命令菜单。

- Place (放置)。其下拉菜单如图 1-5 所示。Place 菜单说明见表 1-2。

表 1-2 Place 菜单说明

指 令	含 义
Part	调用符号库中的图形绘制元器件
Wire	绘制接线
Bus	绘制总线
Junction	放置接点
Bus Entry	放置总线引入点
Net Alias	节点命名
Power	放置电源符号
Ground	放置接地符号
Off-Page Connector	放置电路端点连接器符号
Hierarchical Block	放置电路框图
Hierarchical Port	放置电路框图的端口信号标识符
Hierarchical Pin	放置电路框图的引出端
No Connect	放置电路端点不连接符号
Title Block	绘制图样标题框
Bookmark	在图样中设置标签
Text	放置文字
Line	绘制直线段
Rectangle	绘制矩形
Ellipse	绘制椭圆
Arc	绘制弧线
Polyline	绘制折线
Picture	调用图片

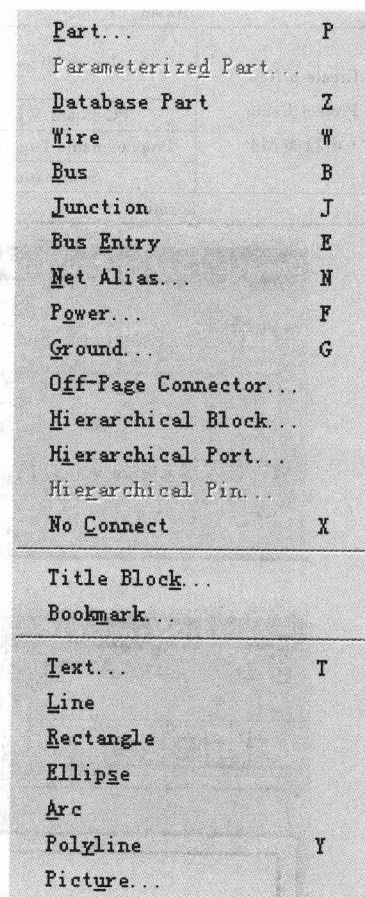


图 1-5 Place 菜单

- PSpice (运行 PSpice A/D 软件，对电路图进行模拟分析或优化设计)。其下拉菜单如图 1-6 所示。PSpice 菜单说明见表 1-3。

表 1-3 PSpice 菜单说明

指 令	含 义
New Simulation Profile	设置电路特性 分析类型及分析参数
Edit Simulation Profile	编辑修改电路特性 分析要求及分析参数
Run	运行 PSpice A/D 软件
View Simulation Results	显示电路模拟分析波形
View Output File	显示输出文件
Advanced Analysis	高级分析
Markers	放置探针
Bias Points	显示直流偏置点分析结果

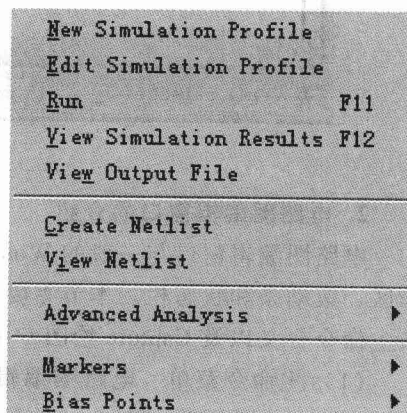
















图 1-6 PSpice 菜单

(2) Capture 绘图专用工具 位于电路图编辑窗口右侧的 20 个工具按钮是 Capture 专用的绘图工具按钮，对应于 Place 下拉菜单各项指令，灵活运用可提高绘图效率。其含义见表 1-4。

表 1-4 专用绘图工具按钮

按 钮	功 能	按 钮	功 能
	选取		放置电路框图的端口信号标识符
	放置元器件		放置电路框图的引出端
	绘制接线		放置电路端点连接器符号
	节点命名		放置电路端点不连接符号
	绘制总线		绘制直线段
	放置接点		绘制折线
	放置总线引入点		绘制矩形
	放置电源符号		绘制椭圆
	放置接地符号		绘制弧线
	放置电路框图		放置文字

1.1.2 电路图的绘制

介绍电路图的绘制步骤之前，先做两项说明：

1. 元器件库

绘制电路图简单地说就是从 OrCAD/Capture 的符号库中调用各种元器件符号，例如电阻、电源、接地符号等，再进行电路连接，因此应该首先了解常用元器件符号的存放位置。表 1-5 介绍了几种元器件库的包含内容，可从中查找及调用相关的元器件符号。

表 1-5 常用元器件库简介

元器件符号库	包含内容
ANALOG 库	常用无源元器件，如电阻、电容、电感等符号
BREAKOUT 库	在 PSpice 进行蒙特卡罗统计分析时使用
EVEL 库	运算放大器、二极管、晶体管等符号
SOURCE 库	各种电压源、电流源符号
SOURCSTM 库	数字电路中的激励信号源符号
SPECIAL 库	特殊用途符号，如输出电流标识符及参数符号等

2. 快捷菜单

电路图绘制过程中，点击鼠标右键，屏幕弹出如图 1-7 所示的快捷菜单，其中各项指令可使下面的工作更加简单便捷。表 1-6 为快捷菜单中常用命令的说明。

表 1-6 快捷菜单中常用命令的说明


菜单指令	含 义
End Mode	结束取用命令
Mirror Horizontally	将该元器件符号对 Y 轴作镜像 翻转（左右翻转）
Mirror Vertically	将该元器件符号对 X 轴作镜像 翻转（上下翻转）
Rotate	将该元器件符号逆时针旋转 90°
Edit Properties	编辑修改该元器件的属性参数
Zoom In	放大显示
Zoom Out	缩小显示
Go To	将光标快速移至某处

End Mode	Esc
Mirror Horizontally	
Mirror Vertically	
Rotate	
Edit Properties...	
Place Database Part Z	
Ascend Hierarchy	
Selection Filter	
Zoom In	I
Zoom Out	O
Go To...	
Previous Page...	Shift+F10
Next Page...	F10

图 1-7 电路图绘制快捷菜单

1.1.2.1 放置元器件符号

1. 启动 Place Part 对话框

执行 Place \ Part 命令，或点击专用绘图工具中的  按钮，屏幕上弹出 Place Part 对话框，如图 1-8 所示。

2. 添加元器件库

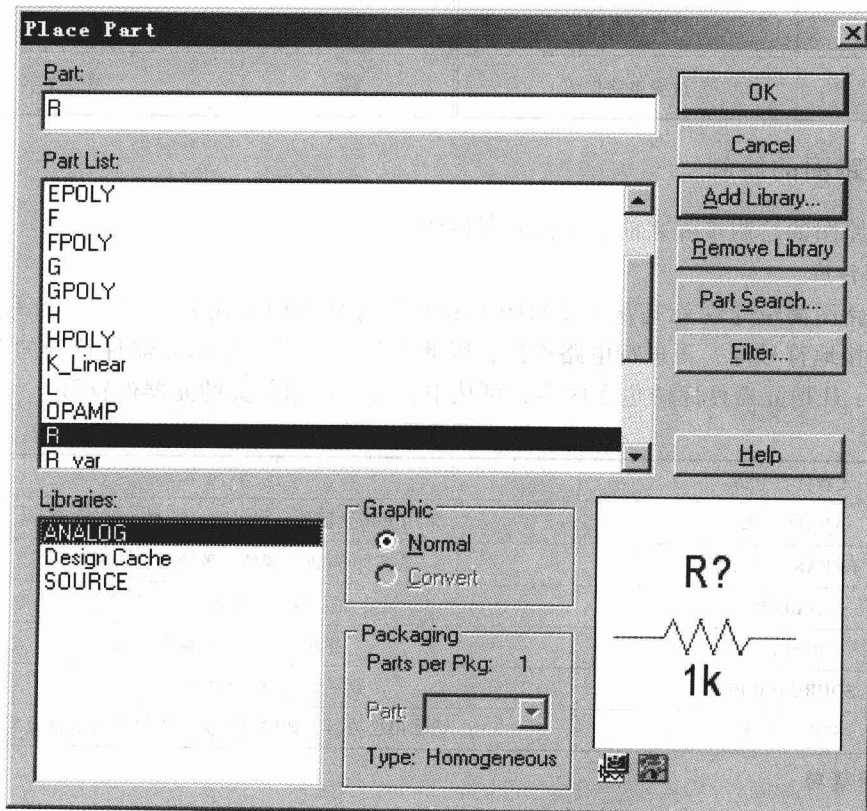


图 1-8 Place Part 对话框

Libraries 列表框里显示元器件符号库名称清单, 如所需元器件不在所列库中, 可点击 **Add Library** (添加元器件符号库), 出现如图 1-9 所示的 Browse File (文件浏览) 对话框, 其中列出了 Capture 提供的库文件清单, 从中选取所需的库文件, 按 **打开** 按钮, 即可将所选的库文件加至 Libraries 列表框中。

若不知元器件位置时, 可使用图 1-8 所示对话框的 **Part Search** 按钮, 查找到该元器件所属库名, 从而将该库文件添加至 Libraries 列表框中。

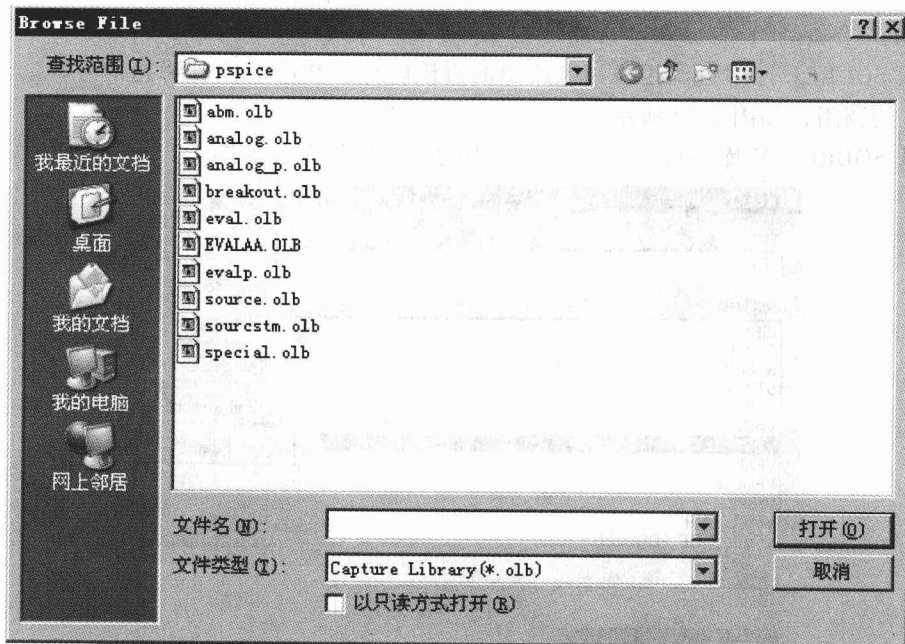


图 1-9 文件浏览对话框


3. 放置元器件符号 (以选取电阻 R 为例)

1) 在如图 1-8 所示的 Place Part 对话框中, 点击元器件符号库 ANALOG, 在 Part 列表框里显示 ANALOG 库所包含的元器件符号, 从中找到 R 单击, 则其图形显示在该对话框右下角的预览框里。

2) 按 **OK** 按钮, 则电阻符号被调用, 并附着在光标上, 随光标的移动而移动。选择合适位置单击鼠标左键, 即可在此位置放置一个电阻符号。还可继续移动光标, 在多处放置该电阻符号。

4. 结束元器件符号的放置

可采用如下三种方法:

- 1) 单击鼠标右键, 屏幕弹出如图 1-7 所示的快捷菜单, 执行指令 End Mode。
- 2) 按键盘的 **ESC** 键。
- 3) 点击绘图专用工具按钮 .


5. 删除元器件符号

将鼠标移至欲删除的元器件符号处单击左键，使其处于选中状态（该元器件符号被一虚框包围，并变成粉色），按键盘的 Delete 键即可。

1.1.2.2 放置电源符号

不同用途的电源需从不同的元器件库中调用，并且操作指令亦有区别，现分别介绍如下：

1. 启动 Place Part 对话框

执行 Place \ Part 命令，或点击专用绘图工具中的  按钮，屏幕上弹出 Place Part 对话框。见图 1-8。

1) 从 SOURCE 库中可调用模拟电路中的直流电源、交流电源、瞬态信号源。例直流电压源 VDC 的调用，如图 1-10 所示。

2) 从 SOURCSTM 库中可调用数字电路中的激励信号源，如图 1-11 所示。

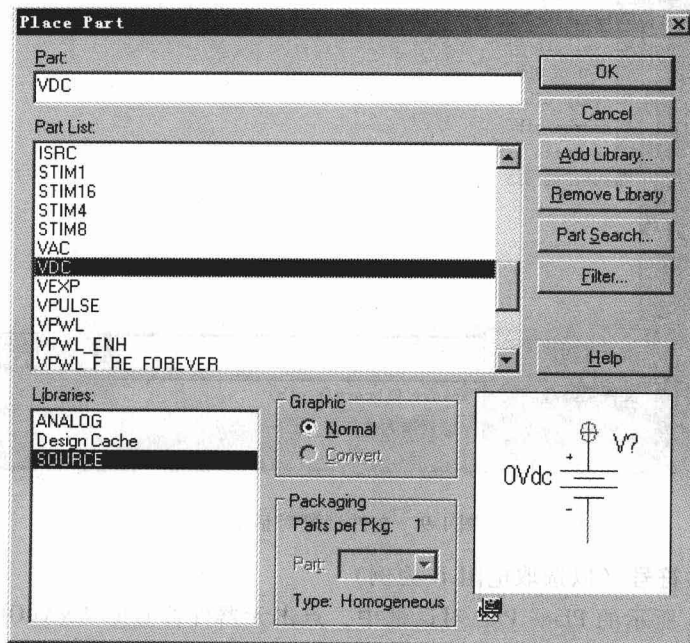



图 1-10 调用直流电压源 VDC

2. 启动 Place Power 对话框

执行 Place \ Power 命令，或点击专用绘图工具中的  按钮，屏幕上弹出 Place Power 对话框。如图 1-12 所示。

1) 从 SOURCE 库中可调用数字电路输入端的高电平信号和低电平信号，例如高电平信号 \$D-HI 的调用，如图 1-13 所示。

2) 从 CAPSYM 库中调用的电源符号不可设置电压值，只是作为一种标识用来表示电路图某处连接一种电源。这种电源符号具有全局相连的特点，即电路图中有相同名称的这种电源符号在电学上是相连的（调用方法见图 1-14）。如选用了这种电源符号，需附加一小电路，将其与 SOURCE 库中设置了一定电压值的电源符号相接。

选择了适当的电源符号之后，即可将其放置到电路图中，其操作过程及删除方式可参照

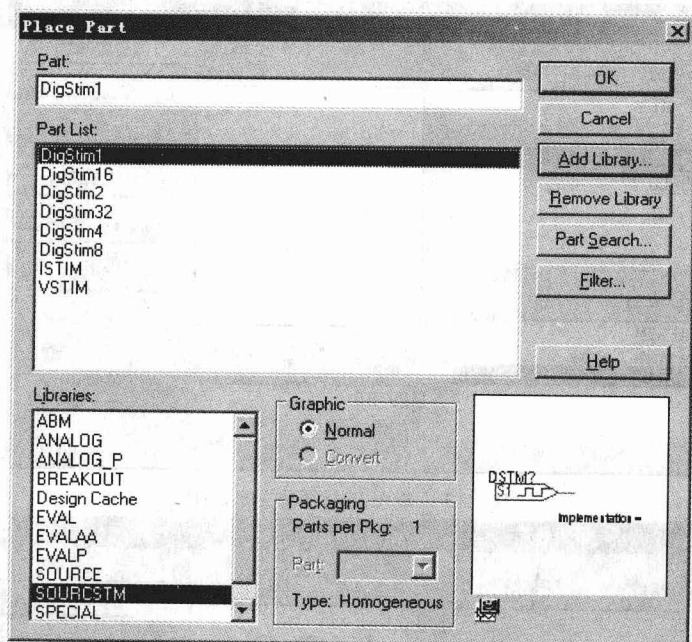


图 1-11 调用激励信号源

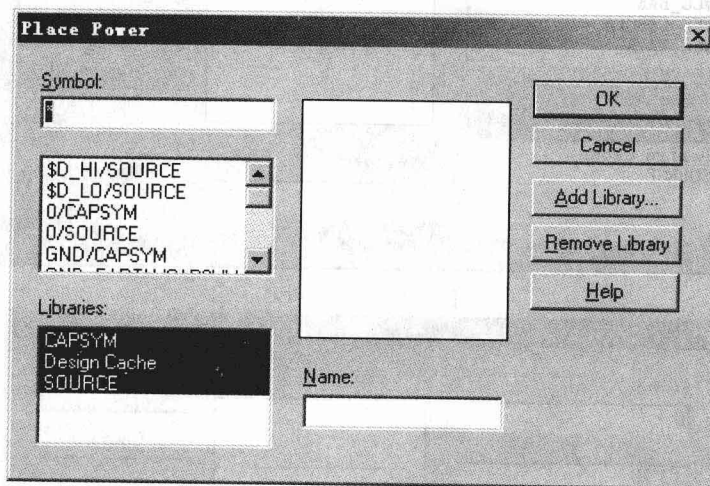



图 1-12 Place Power 对话框

放置及删除元器件符号的有关介绍。

1.1.2.3 放置接地符号

执行 Place \ Ground 命令，或点击专用绘图工具中的  按钮，屏幕上弹出 Place Ground 对话框，如图 1-15 所示。

从 SOURCE 库中选择“0”，即可调用接地符号。接地符号同样具有全局相连的特点。

在电路图中放置接地符号的操作过程及删除方式可参照放置及删除元器件符号的有关介绍。