



ELSEVIER
爱思唯尔

仿客+

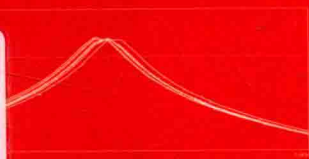
基于OrCAD Capture和PSpice的 模拟电路设计与仿真

Analog Design and Simulation
using OrCAD Capture and PSpice

[英] 丹尼斯·菲茨帕特里克 (Dennis Fitzpatrick) 著
张东辉 毛鹏 吴永红 译

本书介绍了PSpice的仿真功能，并对器件模型、电路仿真及层电路设计进行了详细的讲解，每一章节均通过实际电路和章后习题对仿真功能和模型建立进行练习和巩固，所有电路都经过了仿真实验，读者可以通过机械工业出版社提供的地址下载仿真程序进行学习。

- 登录机械工业出版社官方网站www.cmpbook.com并注册会员账号
- 会员登录后，直接进入图书展示区，在查询图书下方输入书名，进入相关下载，获取源代码



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

仿客 +

基于 OrCAD Capture 和 PSpice 的模拟电路 设计与仿真

[英] 丹尼斯·菲茨帕特里克 (Dennis Fitzpatrick) 著
张东辉 毛 鹏 吴永红 译



机械工业出版社

Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice

Dennis Fitzpatrick

ISBN: 978-0-08-097095-0

Copyright © 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2016 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd and China Machine Press. All rights reserved.

Published in China by China Machine Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong, Macao and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授予机械工业出版社在中国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权登记 图字:01-2015-7147号。

图书在版编目(CIP)数据

基于 OrCAD Capture 和 PSpice 的模拟电路设计与仿真/(英)丹尼斯·菲茨帕特里克(Dennis Fitzpatrick)著;张东辉,毛鹏,吴永红译.—北京:机械工业出版社,2016.10(仿客+)

书名原文:Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice

ISBN 978-7-111-54288-9

I. ①基… II. ①丹…②张…③毛…④吴… III. ①模拟电路-电路设计②模拟电路-计算机仿真 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 161043 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:江婧婧 责任编辑:江婧婧

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:马精明

责任印制:李飞

北京振兴源印务有限公司印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·18.75 印张·355 千字

0 001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-54288-9

定价:95.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

译者序

工欲善其事，必先利其器。在当今电子电路飞速发展的时代，使用哪种软件及如何使用软件对电路进行详尽、系统的分析显得尤为重要。

本书主要对电路行业的标志性软件 PSpice 的仿真功能、器件模型和电路仿真及层电路设计进行了详细的讲解，另外，对电路仿真过程中出现的不收敛问题和错误信息也进行了介绍。每一章节均结合实际电路和习题对仿真功能和模型建立进行练习和巩固，并且译者已对本书每个章节的电路程序仿真验证，读者可以通过机械工业出版社官方网站上本书的相关页面进行下载学习。

仿真功能包括直流工作点分析、直流扫描分析、交流分析、瞬态分析、参数扫描分析、蒙特卡洛分析、最坏情况分析、高性能分析、噪声分析和温度分析，功能讲解与电路实例仿真操作相结合。

器件模型包括变压器模型、行为模型、传输线模型的功能设置与仿真应用，以及激励源和磁性器件的编辑和设置，并且对如何添加和建立 PSpice 模型进行了系统的讲解。

电路仿真包括数字电路、数-模混合电路和层电路的详细设置与仿真分析，对数字电路仿真结果的表达及层电路的使用讲解尤为具体和实用。

本书在内容的安排上采用功能讲解与电路实例相结合的方法，将 PSpice 的强大电路仿真功能融入到电路分析与设计中，既适合初学者对仿真与电路基本功的学习，又适合工程师对复杂系统的功能仿真及高性能分析。

PSpice 仿真群 (336965207) 的如下仿友：陈明、曹珂杰、杜建兴、黄维笑、李少兵、刘亚辉、刘礼刚、潘如政、王晓志、于刚、张东东、张远征、赵东生、张岳海、张志新等对本书的文字翻译和仿真程序校对付出了辛勤的汗水，在此表示最衷心的感谢。欢迎广大读者加入我们的仿真群，与仿客们进行交流和互动。

限于译者才疏学浅，加之时间仓促，难免出现翻译欠妥之处，恳请读者批评指正，在此表示诚挚感谢。

张东辉

2016年7月

原书前言

Cadence/OrCAD 软件为电子设计自动化 (EDA) 家族成员之一, 该软件提供原理图输入、电路仿真、PCB 制版等完整的设计流程。首先利用 Capture 或者 Capture CIS 中的原理图编辑器绘制电路图, 然后利用 PSpice 对电路进行仿真, 最后利用 Cadence Allegro 或者 PCB Editor 将电路原理图转化为印制电路板, 其中, PCB Editor 已取代 OrCAD Layout 功能。本书所有电路均使用最新的 16.6 版本进行仿真, 同样, 也可以使用老版本或者最新的演示版 OrCAD PCB Designer Lite DVD (Capture&PSpice only) 进行仿真。可以通过 Cadence 官方网址下载演示版软件:

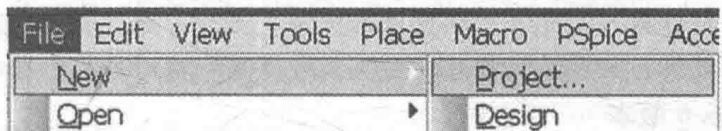
<http://www.cadence.com/products/orcad/pages/downloads.aspx>

本书适合热衷于利用 Cadence/OrCAD 专业仿真软件对电子电路进行设计与分析的学生或者工程师。本书提供了软件操作的使用方法, 并且在每章结尾通过练习对仿真步骤逐步分解, 直至仿真完成。

感谢西伦敦大学的技术人员 Keith Pamment 和 Seth Thomas 对仿真练习的校对; 感谢 Cadence 公司的 Taranjit Kukal 和 Alok Tripath 对 PSpice 仿真技术的审查; 感谢 Parallel - Systems UK 公司对本书出版工作的支持。

使用说明

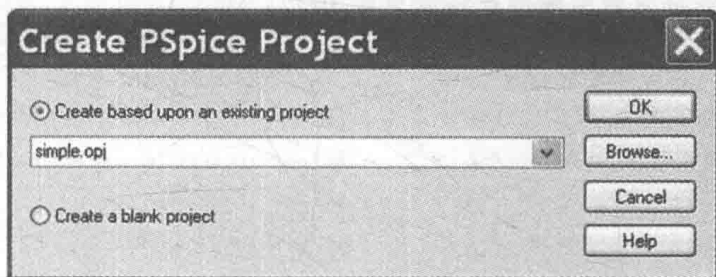
在本书中，黑体字代表指定工具栏按钮操作的关键字，也表示所选菜单，例如，建立新项目菜单选项如下：



上述指令操作顺序为 **File > New > Project**。如上图所示，利用黑体字母可以从顶部工具栏对菜单进行连续选择。

本书规定单击鼠标右键缩写为 **rmb**。例如在原理图中选定某元件，然后选择 **rmb > rotate**，即单击右键，选择旋转功能。

黑体字同样用来命名对话框和对话框，例如下面的 **Create PSpice Project** 建立新项目窗口。



OrCAD 演示版限制

OrCAD 演示版光盘，OrCAD 16.6 精简版可以通过官方网站 www.Cadence.com 进行免费下载或者订购，演示版只对仿真功能和原理图大小有限制，对使用时间没有限制。本书中的大多数练习都可以通过演示版进行仿真。然而，从 16.5 版本开始，演示版软件对仿真元件的数量也进行了改变，有所增加。

16.5 以前版本

进行 PSpice 电路仿真时，软件限制如下：64 个网络节点、20 个晶体管、2 个子电路或者 65 个数字元件、10 条传输线（理想或者非理想）、4 对耦合线，并且 Tlines 的最大限制数量为 4。

运算放大器的内部支路节点数量计入总节点数。所以通常选用演示版软件 eval 元件库中的 uA741 运算放大器（简称运放），该运放有 19 个内部节点。对于数字电路，网络节点的最大限制数量为 250。

利用 Capture 可以对设计项目进行建立和查看，但是不能对超过 60 个网络节点或者 60 个元件的设计项目进行保存。Capture CIS 演示版的数据库元件限制数量为 10。所建元件的引脚数量不能超过 14，并且元件库最多只能保存 15 个元件。

模型编辑器只能对二极管模型进行编辑，并且模型导入向导只支持 2 个引脚的元件和模型。激励源编辑器只能编辑正弦波和数字时钟信号。

只能显示演示版软件建立的仿真数据。

磁性元件编辑器只能建立功率变压器模型。另外，磁性元件编辑器提供的模型数据不能被编辑，只能进行查看，而且只包括单一磁心的模型数据。

16.5 和 16.6 版本

从 16.5 版本开始，PSpice 仿真电路的网络节点数目增加至 75，并且对子电路数量没有限制。

激励源编辑器功能限制取消，可以利用该功能建立激励信号源。

利用 Capture 可以创建和查看设计项目，但无法保存网络节点超过 75 或者元器件数量超过 60 的设计项目。

在 CIS 中进行原理图设计时元器件的限制数量为 1000。

建立元器件符号时引脚的限制数量为 100。

本书主要对 PSpice 的各个仿真功能进行非常详细的讲解，并且对仿真模型的建立与使用进行细致的分析与介绍，最后结合实际电路和习题，对仿真功能和模型建立进行练习和巩固。

首先，对 PSpice 软件的基本仿真功能进行具体讲解，包括直流静态工作点分析、直流分析、交流分析、瞬态分析、参数分析、傅里叶分析、温度分析、蒙特卡洛分析、噪声分析、最坏情况分析和高性能分析，并且结合实例进行实际操作和验证。然后对模型的建立与使用进行讲解，包括元件模型建立、激励源编辑与使用、变压器和磁性元件模型的建立与使用、行为模型及传输线模型的编辑与使用。最后对数字电路、数-模混合电路和层电路的仿真进行了详细的讲解，尤其对数字电路仿真结果的表达及层电路的使用，尤为具体和实用。

本书适合热衷于利用 Cadence/OrCAD 专业仿真软件对电子电路进行设计与分析的学生或者工程师。本书提供了软件操作的使用方法，并且在每章结尾通过练习对仿真步骤逐步分解，直至仿真完成。

目 录

译者序	
原书前言	
使用说明	
第1章 入门	1
1.1 启动 Capture	1
1.2 创建一个仿真项目	2
1.3 符号和元器件	6
1.3.1 符号	6
1.3.2 元器件	7
1.3.3 放置 PSpice 元器件	9
1.4 设计模板	11
1.5 本章总结	13
1.5.1 已保存设计项目	14
1.5.2 打开老版本 OrCAD 创建的 设计项目	14
1.6 本章练习	14
练习1	14
练习2	16
1.7 附加库文件练习	19
第2章 直流工作点分析	22
2.1 生成网络表	24
2.2 显示工作点数据	28
2.3 保存工作点数据	29
2.4 加载工作点数据	30
2.5 本章练习	31
练习1	31
第3章 直流扫描分析	38
3.1 直流电压扫描分析	38
3.2 探针	39
3.3 本章练习	44
练习1	44
练习2	46
第4章 交流分析	51
4.1 仿真参数设置	52
4.2 交流探针	53
4.3 本章练习	54
练习1	54
双T形陷波滤波器	57
第5章 参数扫描分析	60
5.1 属性编辑器	60
5.2 本章练习	64
练习1	64
练习2	69
练习3	71
第6章 激励源编辑器	78
6.1 瞬态激励源设置	79
6.1.1 EXP 指数激励源	79
6.1.2 Pulse 脉冲激励源	81
6.1.3 VPWL 分段线性激励源	82
6.1.4 SIN 正弦波激励源	84
6.1.5 SSFM 单频调频激励源	84
6.2 自定义电压源	85
6.3 仿真设置	85
6.4 本章练习	86
第7章 瞬态分析	94
7.1 仿真设置	94
7.2 SCHEDULING 设置	95
7.3 测试点设置	96
7.4 利用文本文件定义时间-电压 形式的激励源	97
7.5 本章练习	99
练习1	99
练习2	101

第 8 章 仿真收敛问题和 错误信息	106	13.1 行为模型	151
8.1 常见错误信息	106	13.2 本章练习	156
8.2 建立静态工作点	107	练习 1	156
8.3 收敛问题	107	练习 2	157
8.4 仿真设置	108	第 14 章 噪声分析	158
8.5 本章练习	110	14.1 噪声类型	158
练习 1	110	14.1.1 电阻噪声	158
练习 2	111	14.1.2 半导体器件噪声	158
练习 3	112	14.2 总噪声	159
练习 4	112	14.3 运行噪声分析	160
第 9 章 变压器仿真	114	14.4 噪声定义	161
9.1 线性变压器	114	14.5 本章练习	163
9.2 非线性变压器	114	第 15 章 温度分析	169
9.3 预定义变压器	116	15.1 温度系数设置	169
9.4 本章练习	117	15.2 运行温度分析	170
练习 1	117	15.3 本章练习	172
练习 2	120	练习 1	172
第 10 章 蒙特卡洛分析	122	练习 2	174
10.1 仿真设置	122	第 16 章 添加和建立 PSpice 模型	177
10.2 元件容差设置	125	16.1 PSpice 元器件属性	177
10.3 本章练习	126	16.2 PSpice 模型定义	179
练习 1	126	16.3 子电路	182
练习 2	130	16.4 模型编辑器	183
滤波器技术指标	133	16.4.1 模型复制	185
第 11 章 最坏情况分析	134	16.4.2 模型导入	185
11.1 灵敏度分析	135	16.4.3 模型下载	189
11.2 最坏情况分析	136	16.4.4 模型加密	190
11.3 添加元件容差	136	16.4.5 IBIS 转换器	190
11.4 测量函数设置	137	16.5 本章练习	191
11.5 本章练习	138	练习 1	191
第 12 章 高性能分析	144	练习 2	193
12.1 测量函数简介	144	练习 3	197
12.2 测量函数定义	145	练习 4	198
12.3 本章练习	146	练习 5	198
练习 1	146	第 17 章 传输线	200
练习 2	148	17.1 理想传输线	200
第 13 章 行为模型	151	17.2 有损传输线	202

17.3 本章练习	203	20.4 层模块网络表	238
练习 1	204	20.5 本章练习	238
练习 2	208	练习 1	239
第 18 章 数字电路仿真	214	练习 2	241
18.1 数字器件模型	214	练习 3	246
18.2 数字电路设计	215	练习 4	248
18.3 数字仿真设置	216	练习 5	250
18.4 数字信号波形显示	217	第 21 章 磁性元件编辑器	255
18.5 本章练习	219	21.1 设计周期	255
练习 1	219	21.2 本章练习	255
练习 2	221	练习 1	255
练习 3	225	练习 2	266
第 19 章 数-模混合电路仿真	227	练习 3	267
19.1 本章练习	228	第 22 章 测试平台	272
练习 1	228	22.1 测试平台元器件选择	273
练习 2	229	22.2 未连接的浮动网络	274
第 20 章 层电路设计	232	22.3 比较和更新主设计与测试平台 设计之间的差异	275
20.1 层电路端口连接器	233	22.4 本章练习	276
20.2 层电路模块和符号	235	练习 1	276
20.2.1 层模块设置	235	练习 2	281
20.2.2 层模块符号	237	附录 测量函数定义	285
20.3 参数传递	237		

第 1 章

入 门

本章主要供经验很少或者没有经验的 Capture 初学者学习，熟悉项目设置和原理图绘制的读者可以跳过本章，继续学习下面章节。本章将对以下内容进行重点讲解：如何启动 Capture、如何设置项目类型、如何配置 PSpice 仿真库文件。

每章结尾都有练习题供读者对本章内容进行复习和巩固，另外，每章习题都以前面章节为基础，这样更有利于对本书的学习。

1.1 启动 Capture

Capture 和 Capture CIS 原理图编辑器用于 PSpice 仿真原理图的绘制。CIS 选项代表元器件信息系统，允许用户从数据库而非元件库中选择和放置元件。对于本书内容，无论用 Capture 或 Capture CIS 绘制电路图都适用。

如果您已经安装了 OrCAD 软件，可以通过单击如下菜单启动 Capture 或 Capture CIS：

```
Start > Program Files > OrCAD xx.x > Capture
```

或者

```
Start > Program Files > OrCAD xx.x > Capture CIS
```

其中 xx.x 为软件版本号，例如 10.5、11.0、15.5、15.7、16.0、16.2、16.3、16.5 或者 16.6。

例如：

```
Start > All Programs > Cadence > OrCAD 16.6 Lite > OrCAD  
Capture CIS Lite
```

```
Start > All Programs > Cadence > Release 16.5 > Capture
```

如果您已经安装了 Cadence 软件，所有相关工具均安装在 Allegro 平台下。在这种情况下，只有 Capture CIS 可用，其启动路径为

Start > Program Files > Allegro SPB xx. x > Design Entry CIS

1.2 创建一个仿真项目

在 Capture 中建立新设计时软件会自动创建一个项目文件 (.opj)，该项目文件将参考原理图、库和输出报告文件。

绘制电路之前需要设置所建项目类型和配置库文件。首先，通过顶部工具栏命令选择创建新项目：

File > New > Project

在 **New Project** 窗口（见图 1.1）中，输入项目名称，并且从四种项目类型中选择一种作为本项目的类型：

- **Analog or Mixed A/D** 用于 PSpice 仿真。
- **PC Board Wizard** 用于 PCB 项目中的原理图绘制。
- **Programmable Logic Wizard** 用于 CPLD 和 FPGA 设计。
- **Schematic** 用于原理图绘制。

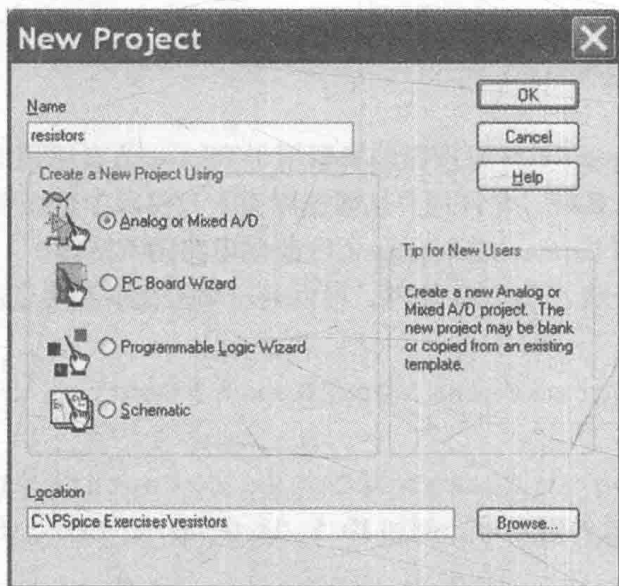


图 1.1 创建新项目

当选定项目类型时，将会出现 **Tip for New Users** 提示，以便对项目类型进行简要说明。如果所建项目用于 PSpice 电路仿真，那么选择 **Analog or Mixed A/D** 作为项目类型，这样就会激活 Capture 顶部工具栏的 PSpice 菜单。

进行电路仿真时，建议为每个新项目建立一个文件夹。通过单击图 1.1 中的 **Browse...** 按钮弹出如图 1.2 所示的 **Select Directory** 文件夹选择窗口。

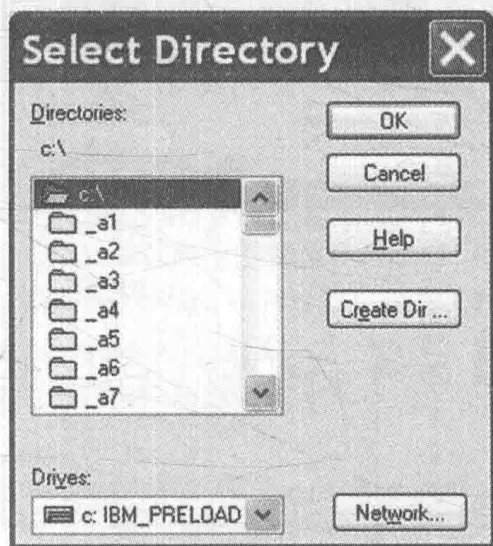


图 1.2 创建仿真项目文件夹地址

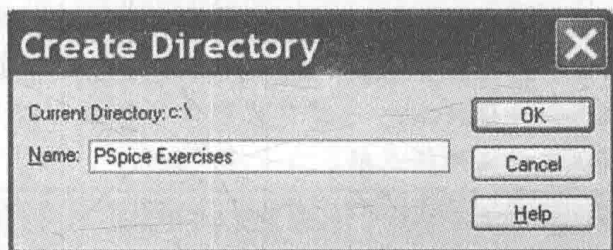


图 1.3 创建仿真项目文件夹

选择 **Create Dir...** 按钮将会弹出如图 1.3 所示 **Create Directory** 创建文件夹目录窗口，用户通过该窗口对仿真文件夹进行命名。

比如创建文件名为 PSpice Exercises 的文件夹，该名称将显示在 **Select Directory** 选择目录窗口中。但是首先必须选定并且鼠标左键双击该文件夹，然后该文件夹才会如图 1.4 所示展开。单击 **Select Directory** 窗口中的 **Create Dir...** 按钮可以创建下一级子目录或文件夹，然后按照图 1.3 所示对文件夹进行命名。

所建项目文件夹地址将出现在 New Project 新建项目窗口的地址对话框中（见图 1.1）。

创建项目文件夹的另一种方法是在图 1.1 所示的 New Project 新建项目窗口的地址栏中直接输入文件夹地址，Capture 会自动创建该文件夹。

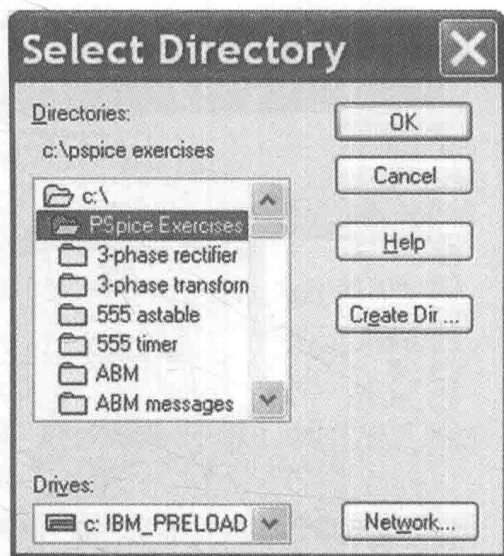


图 1.4 项目文件夹选择

注意：

经常会发生如下误操作：创建了项目文件夹，但是并没有选择该文件夹，以至于所有的仿真文件并没有保存在所建文件夹目录下。所以为确保所选文件夹正确，一定要在 **Select Directory** 选择目录窗口（见图 1.4）中左键双击所创建的文件夹，以确保文件夹选择正确。

选择好文件夹之后，接下来是 **Create PSpice Project**，创建 PSpice 仿真项目窗口，用于创建 PSpice 仿真项目（见图 1.5）。

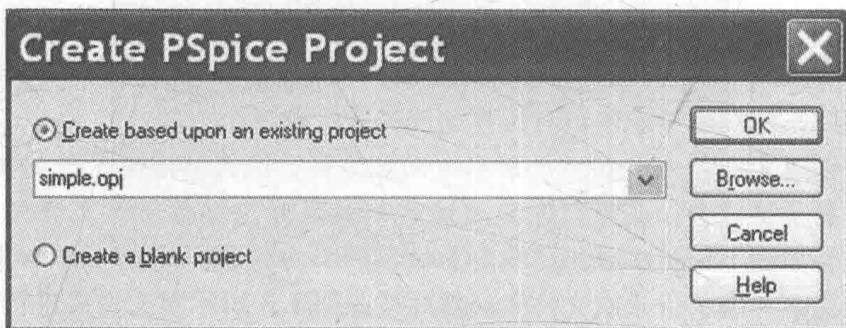


图 1.5 创建 PSpice 仿真项目

Capture - PSpice 已经预先配置好仿真文件库，可以通过下拉菜单对所需库进行选择。最常用的新建仿真项目选项为 **Simple.opj**，该项目已经配置好如下五个默认库：

Analog. olb
Breakout. olb
Source. olb
Sourcstm. olb
Special. olb

以上仿真文件库包含最常用的 PSpice 仿真元件，是建立新项目的最佳选择。

另外，可以在已有仿真项目基础上创建其升级版本，即在版本 1 的基础上创建新版本 2。如图 1.5 所示创建 PSpice 项目窗口，选择 **Create based upon an existing project**，然后单击 **Browse** 对已建项目进行选择。当建立其新版本仿真项目时，旧版本仿真项目的所有文件均复制到新版本项目文件夹下，类似于 **File > Save As** 功能。

如果选择 **Create a blank project** 创建一个空白项目，那么该项目下将没有任何仿真库文件，同样为空白库。可以通过添加把仿真库文件加入到仿真项目中，本章结尾将对库文件的添加操作进行练习。

当新仿真项目创建成功后，Capture 会自动创建其 **Project Manager** 项目管理器窗口（见图 1.6），该窗口列出了库文件的绝对路径。一定要注意，这些库为仿真元件的外形符号库，他们只定义元件的外部形状，而不是 PSpice 仿真模型库。OrCAD 和 Cadence 软件均有其默认的库文件安装位置，版本不同，库文件安装位置也会有所不同，例如：

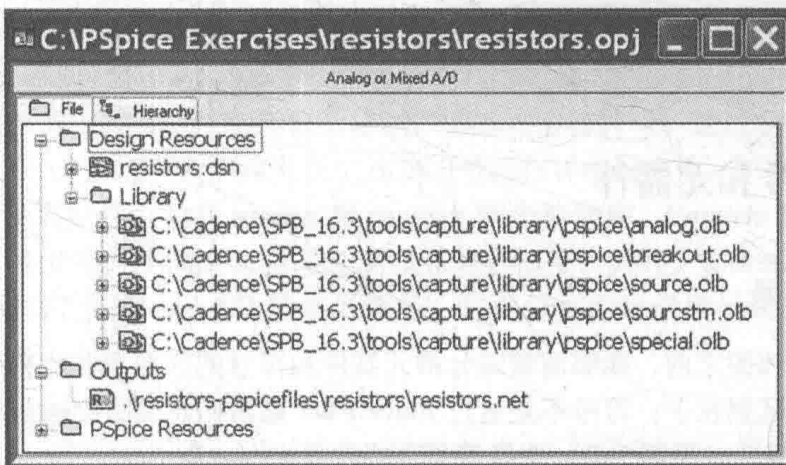


图 1.6 项目管理器窗口，列出该项目元件库及其所在位置

```
<software install path> OrCad>OrCAD_10.5>tools>capture>library>PSpice
```


或者

```
<software install path> Cadence > SPB_16.3 > tools > capture > library > PSpice
```

通常情况下软件安装在驱动盘 C。

提示：

如果 **Project Manager** 项目管理器窗口不能显示，可以从顶部工具栏中选择 **Window > <project name>.opj** 项目文件（见图 1.7）对其进行显示，如图 1.7 所示的项目名称为 resistors。进行仿真项目文件管理时一定要注意，仿真项目的文件扩展名 .opj。

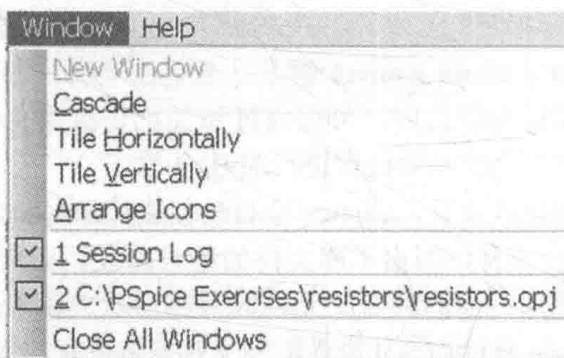




图 1.7 项目管理器窗口

另外，可以通过单击项目管理器图标  或者  对仿真项目进行管理。

1.3 符号和元器件

1.3.1 符号

绘制原理图之前，能够清楚地分辨元器件和符号的区别是非常有用的。符号和元器件的区别在于：符号不是通过 **Place Part** 菜单在原理图中进行放置。他们通过 **Place** 菜单（见图 1.8）选择符号直接放置。

在 **Place** 菜单中分别显示每项功能对应的快捷键。例如，放置电源符号的快捷键为 **F**，当按下 **F** 键时，**Place Power** 放置电源菜单将会弹出，如图 1.9 所示。