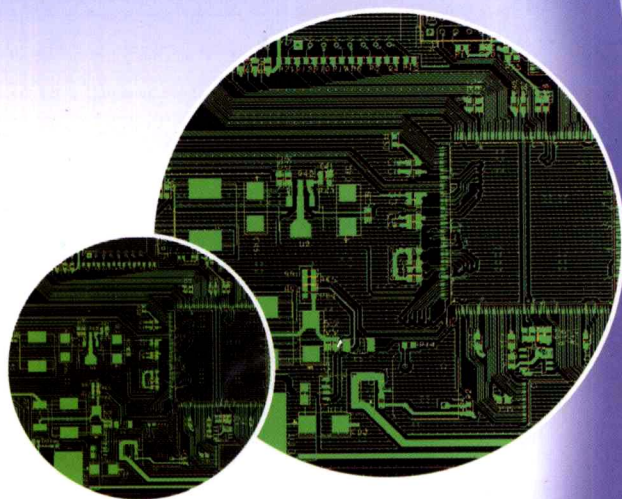


EDA工具应用丛书

# PAOS 9.0 高速电路 **PCB** 设计与应用

曾 峰 巩海洪 陈洪震 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

EDA 工具应用丛书

# **PADS 9.0 高速电路 PCB 设计与应用**

曾 峰 巩海洪 陈洪震 编著

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

PCB 设计是电子产品开发从原理到转化为现实产品的关键环节, PCB 设计质量的优劣决定着产品开发的效率与效益。PADS 9.0 设计软件因其功能强大易用, 受到电子设计工程师的信赖, 被广泛应用到不同领域的电子产品设计中。

本书以 Mentor Graphics PADS 9.0 的 DxDesigner、PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 和 HyperLynx 为基础, 结合当今业界 PCB 设计的先进理念与技术, 详细介绍了高速信号印制电路设计。主要内容包括: PADS 9.0 设计系统应用的一般过程、印制电路板的设计原则与方法、信号完整性分析与设计、电磁兼容性分析与设计、PCB 的可测试性及可制造性设计、多层 PCB 设计、混合信号 PCB 设计等。

本书适合从事电子产品开发及电路板设计的技术人员阅读, 也可作为电子类专业学生的课外读物或教学参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

PADS 9.0 高速电路 PCB 设计与应用/曾峰, 巩海洪, 陈洪震编著. —北京: 电子工业出版社, 2010. 10  
(EDA 工具应用丛书)

ISBN 978-7-121-11958-3

I. ①P… II. ①曾… ②巩… ③陈… III. ①电子电路 - 电路设计: 计算机辅助设计 - 软件包, PADS 9.0  
②印刷电路 - 计算机辅助设计 IV. ①TN702 ②TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 194763 号

策 划: 窦 昊

责任编辑: 李 蕊

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29.25 字数: 748.8 千字

印 次: 2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 58.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

PCB 设计是电子产品开发从原理到转化为现实产品的关键环节，PCB 设计质量的优劣决定产品开发的效率与效益。电子产品正向工作速度更快、功能更强、节能、成本更低的方向发展，这对 PCB 设计技术及 PCB 设计工程师提出了新的挑战。

PADS 9.0 设计软件因其功能强大、易用，受到电子设计工程师的信赖，被广泛应用到不同领域的电子产品设计中。PADS 9.0 设计系统提供的电子设计自动化技术（EDA），为设计工程师提供了优秀的设计、验证解决方案，让客户能在短时间内，以最低的成本，在市场上推出功能强大的电子产品。

优秀的设计工具必须以先进的设计理念、科学的设计方法为指导。在 PCB 设计中深入理解 PCB 设计的信号完整性、电磁兼容性、可测试性和可制造性是设计出高质量产品的基础，应用优秀的设计方法和高效的设计工具是提高产品效率与效益的关键。

本书以 Mentor Graphics PADS 9.0 的 DxDesigner、PADS Logic、PADS Layout、PADS Router 和 HyperLynx 为基础，结合当今业界 PCB 设计的先进理念与技术，详细介绍了高速信号印制电路设计。本书共分 12 章，主要内容包括：

- (1) PCB 设计概述。
- (2) DxDesigner、PADS Logic 原理图设计。
- (3) PADS Layout、PADS Router 印制电路板的布局、布线设计及复用设计。
- (4) HyperLynx 与多层 PCB 设计、高速信号 PCB 设计、混合信号 PCB 设计。
- (5) PCB 可测试性和可制造性设计。

本书的几位编著者从事 PCB 设计多年，在 PCB 设计工作中有着丰富的经验，但面对迅速发展、变化的电子产品开发技术一定会有个人经验的狭隘，所以书中不妥之处在所难免，希望广大读者批评指正。

参加本书编写的作者有曾峰、巩海洪、陈洪震、庄明科、赵立春、王建华、张晓、李业芹、徐洁、曾波、曾鸣、刘现营、侯亚宁、朱继凯等。

曾 峰  
于济宁学院

# 目 录

第 1 章 PCB 设计概述 .....	(1)
1.1 电子设计自动化与 EDA 工具 .....	(1)
1.1.1 EDA 技术的概念及范畴 .....	(1)
1.1.2 EDA 常用软件 .....	(1)
1.1.3 EDA 的应用及发展趋势 .....	(8)
1.1.4 PCB 设计常用工具软件 .....	(9)
1.2 印制电路板设计基础 .....	(19)
1.2.1 PCB 的主要类型 .....	(19)
1.2.2 PCB 设计中的基本概念 .....	(20)
1.2.3 零件封装 .....	(23)
1.2.4 电子产品开发流程与 PCB 设计 .....	(23)
1.2.5 PCB 设计注意事项 .....	(26)
第 2 章 PADS 9.0 设计系统简介 .....	(29)
2.1 PADS 9.0 设计系统构成 .....	(29)
2.2 PADS 9.0 设计系统功能模块 .....	(30)
2.2.1 DxDesigner .....	(30)
2.2.2 PADS Logic .....	(36)
2.2.3 PADS Layout/Router .....	(38)
2.2.4 HyperLynx 8.0 .....	(52)
第 3 章 DxDesigner 原理图设计 .....	(59)
3.1 DxDesigner 原理图设计概述 .....	(59)
3.2 DxDesigner 新建设计项目及设计配置 .....	(60)
3.2.1 新建原理图设计项目 .....	(60)
3.2.2 配置元器件库与项目设置 .....	(61)
3.3 原理图设计 .....	(65)
3.3.1 创建原理图 .....	(65)
3.3.2 元器件操作 .....	(66)
3.3.3 添加连线 .....	(67)
3.4 创建新元器件 .....	(68)
3.5 检验设计 .....	(69)
3.6 建立设计相关文档 .....	(70)
3.7 DxDesigner 与 PADS Layout 的连接 .....	(72)
第 4 章 PADS Layout 布局及布线设计 .....	(74)
4.1 布局设计 .....	(74)
4.1.1 PCB 布局的一般规则 .....	(74)
4.1.2 设置板框及定义各类禁止区 .....	(78)
4.1.3 自动布局 .....	(84)
4.1.4 手工布局 .....	(90)

4.1.5	利用原理图驱动进行布局设计	(97)
4.2	布线设计	(98)
4.2.1	PCB 布线概述	(99)
4.2.2	PADS Layout 布线前的准备	(102)
4.2.3	PADS Layout 布线工具简介	(111)
4.2.4	手工布线	(112)
4.2.5	动态布线方式	(116)
4.2.6	自动布线 (Auto Route)	(117)
4.2.7	总线布线 (Bus Route)	(117)
4.2.8	草图布线 (Sketch Route)	(118)
4.3	铺铜	(119)
4.3.1	铜皮 (Copper)	(119)
4.3.2	灌铜 (Copper Pour)	(123)
4.3.3	灌铜管理器	(125)
4.4	规则检查与输出	(126)
4.4.1	设计规则检查 (DRC)	(127)
4.4.2	工程修改规则 (ECO)	(127)
<b>第 5 章</b>	<b>PCB 设计中的规则驱动设计方法</b>	<b>(137)</b>
5.1	PADS 9.0 设计规则	(137)
5.2	PADS Layout 设计规则定义	(138)
5.2.1	默认的设计规则定义	(138)
5.2.2	类规则定义	(143)
5.2.3	网络 (Nets) 规则定义	(144)
5.2.4	组规则	(144)
5.2.5	引脚对规则	(145)
5.2.6	条件规则	(146)
5.2.7	差分对规则	(147)
5.2.8	封装规则	(148)
5.2.9	元器件规则	(149)
5.3	PADS Layout 设计规则检查	(150)
5.3.1	PADS Layout 设计规则检查	(150)
5.3.2	安全间距设计检查	(152)
5.3.3	连通性设计检查	(154)
5.3.4	高速设计检查	(154)
5.3.5	最大过孔数目限制规则检查	(156)
5.3.6	平面层检查	(157)
5.3.7	测试点检查	(157)
5.3.8	生产加工设计检查	(157)
<b>第 6 章</b>	<b>物理设计复用</b>	<b>(160)</b>
6.1	PADS 设计复用概述	(160)
6.2	物理设计复用的建立与应用	(161)
6.2.1	建立一个物理设计复用	(161)
6.2.2	物理设计复用的应用	(162)
6.3	物理设计复用的编辑	(164)

6.3.1	编辑物理设计复用定义	(164)
6.3.2	查询或修改一个物理设计复用	(165)
6.3.3	选择一个物理设计复用	(166)
6.3.4	保存一个物理设计复用	(166)
6.3.5	物理设计复用的报告	(167)
6.3.6	断开一个物理设计复用	(167)
6.3.7	增加一个已有的复用	(168)
6.3.8	删除一个物理设计复用	(169)
6.3.9	Make Like Reuse	(169)
6.3.10	移动一个物理设计复用	(171)
6.3.11	打开一个物理设计复用	(171)
6.3.12	重置物理设计复用的原点	(171)
<b>第7章</b>	<b>PADS Router 全自动布线器</b>	<b>(173)</b>
7.1	全自动布线器概述	(173)
7.2	PADS Router 全自动布线器用户界面	(175)
7.2.1	光标位置显示	(175)
7.2.2	PADS Router 的键盘、菜单和工具栏	(176)
7.2.3	使用取景、缩放和移动	(178)
7.2.4	设计对象的选择	(179)
7.2.5	浮动面板	(182)
7.3	设计准备	(187)
7.3.1	设置测量的单位	(187)
7.3.2	设置栅格	(187)
7.3.3	设置颜色和可见性	(189)
7.3.4	设置布线选项	(191)
7.3.5	设置保护区域	(193)
7.3.6	BlazeRouter 链接的应用	(193)
7.4	元器件布局	(195)
7.4.1	元器件布局前的准备	(195)
7.4.2	元器件布局的属性设置	(196)
7.4.3	元器件布局	(198)
7.5	全自动布线设计	(199)
7.5.1	定义自动布线策略	(199)
7.5.2	自动布线的模式	(199)
7.5.3	动态布线的模式	(201)
7.6	高速约束布线	(207)
7.6.1	应用布线长度监视器进行布线	(207)
7.6.2	蛇形布线	(210)
7.6.3	差分对的交互布线	(215)
7.7	定义高速设计规则	(220)
7.7.1	匹配长度规则的交互布线	(220)
7.7.2	设置和应用元器件的高级规则	(222)
7.7.3	重定义网络连接	(224)
<b>第8章</b>	<b>PADS Logic 原理图设计</b>	<b>(228)</b>

8.1	原理图设计概述 .....	(228)
8.1.1	原理图设计一般原则 .....	(228)
8.1.2	原理图绘制的一般过程 .....	(229)
8.2	图形用户界面 (GUI) .....	(230)
8.2.1	PADS Logic 的交互操作 .....	(230)
8.2.2	使用工作空间 .....	(232)
8.2.3	设置栅格 .....	(232)
8.2.4	取景和缩放 .....	(233)
8.2.5	常用参数的设置 .....	(234)
8.3	定义元器件库 .....	(238)
8.3.1	元器件类型 .....	(238)
8.3.2	建立引脚封装 .....	(239)
8.3.3	建立 CAE 封装 .....	(241)
8.3.4	建立元器件类型 .....	(246)
8.4	放置元器件 .....	(255)
8.4.1	添加和摆放元器件 .....	(255)
8.4.2	删除元器件 .....	(257)
8.5	原理图连线 .....	(257)
8.5.1	建立新的连线 .....	(257)
8.5.2	移动命令 .....	(258)
8.5.3	连接电源和地线 .....	(258)
8.5.4	在不同页面之间加连线 .....	(260)
8.5.5	悬浮连线 .....	(260)
8.5.6	高级连线功能 .....	(261)
8.6	添加总线 .....	(262)
8.6.1	建立总线 .....	(262)
8.6.2	连接到总线 .....	(263)
8.6.3	复制连线 .....	(264)
8.7	修改设计 .....	(265)
8.7.1	修改设计对象的属性 .....	(265)
8.7.2	更换元器件 .....	(265)
8.7.3	交换元器件名、交换引脚 .....	(267)
8.7.4	排列元器件 .....	(268)
8.7.5	改变元器件的值 .....	(268)
8.7.6	原理图内容复制 .....	(269)
8.7.7	添加文字注释 .....	(269)
8.8	定义设计规则 .....	(271)
8.8.1	PCB 层的设置 .....	(271)
8.8.2	设置默认规则 .....	(276)
8.9	生成网表、材料清单及智能 PDF 文档 .....	(280)
8.9.1	建立网表 (Netlist) .....	(280)
8.9.2	生成材料清单 .....	(282)
8.9.3	生成智能 PDF 文档 .....	(283)
8.10	PADS Logic 的 OLE 功能 .....	(285)



8.10.1	嵌入目标	(285)
8.10.2	PADS Logic 和 PADS Layout 之间进行 OLE 通信	(288)
8.11	工程设计修改	(291)
<b>第9章</b>	<b>多层 PCB 设计</b>	<b>(293)</b>
9.1	多层电路板设计流程	(293)
9.2	PADS 设计系统的层配置	(293)
9.3	多层电路板层叠的配置	(297)
9.3.1	多层电路板层叠分析与配置原则	(297)
9.3.2	多层电路板常见层叠配置	(300)
9.4	多层电路板设计实例	(302)
<b>第10章</b>	<b>PCB 的可测试性和可制造性设计</b>	<b>(307)</b>
10.1	可测试性设计	(307)
10.1.1	可测试性设计概述	(307)
10.1.2	放置测试点	(310)
10.2	可制造性设计	(314)
10.2.1	可制造性设计概述	(314)
10.2.2	PADS Layout 与 CAMCAD Professional 的链接	(321)
10.3	CAM350、PADS Layout 与可制造性设计	(322)
10.3.1	CAM350 基础知识	(323)
10.3.2	PADS Layout 生成 CAM 文件	(326)
10.3.3	CAM Plus 的应用	(331)
10.3.4	CAM350 的基本应用	(332)
10.3.5	反向标注 CAM350 文件到 PAD Layout 设计系统	(337)
10.3.6	3D 浏览器	(338)
<b>第11章</b>	<b>HyperLynx 与高速信号 PCB 设计</b>	<b>(340)</b>
11.1	高速信号印制电路板设计概述	(340)
11.2	高速信号印制电路板设计流程	(344)
11.3	基于信号完整性分析的 PCB 设计方法	(347)
11.4	HyperLynx 概述	(350)
11.4.1	HyperLynx 基本概念	(350)
11.4.2	整板层叠及阻抗设计	(352)
11.5	LineSim 布线前仿真	(355)
11.5.1	LineSim 布线前仿真的准备	(356)
11.5.2	对时钟线仿真	(360)
11.5.3	时钟线上串联端接的仿真	(364)
11.5.4	有损传输线模型仿真	(367)
11.5.5	HSPICE 仿真	(369)
11.5.6	LineSim 串扰分析	(371)
11.6	BoardSim 仿真分析	(383)
11.6.1	BoardSim 仿真分析的准备	(384)
11.6.2	BoardSim 交互式仿真	(385)
11.6.3	BoardSim 端接向导	(387)
11.6.4	BoardSim 串扰分析	(390)
11.6.5	BoardSim 板级分析	(392)

---

11.6.6	BoardSim 对部分网络的详细分析 .....	(396)
11.6.7	BoardSim 差分 and GHz 仿真 .....	(400)
11.6.8	可视的 IBIS 编辑器 .....	(405)
11.6.9	建立一个 Databook 模型 .....	(411)
11.7	多板仿真分析 .....	(413)
11.7.1	多板仿真分析概述 .....	(413)
11.7.2	建立多板仿真分析项目 .....	(413)
11.7.3	多板仿真分析 .....	(416)
<b>第 12 章</b>	<b>混合信号 PCB 设计</b> .....	<b>(420)</b>
12.1	混合信号 PCB 的设计需求分析及设计原则 .....	(420)
12.2	混合信号和模拟导线的分析 .....	(422)
12.3	HyperLynx PI 与混合信号 PCB 电源完整性设计 .....	(429)
12.3.1	HyperLynx PI 与混合信号 PCB 电源完整性设计概述 .....	(429)
12.3.2	HyperLynx PI 的 IR 压降分析 .....	(431)
12.3.3	HyperLynx PI 优化 PCB 供电网络 .....	(436)
<b>附录 A</b>	<b>印制电路词汇</b> .....	<b>(438)</b>
<b>附录 B</b>	<b>PADS 中的直接命令</b> .....	<b>(452)</b>
<b>附录 C</b>	<b>PowerPCB 中的快捷键</b> .....	<b>(456)</b>

# 第 1 章 PCB 设计概述

## 1.1 电子设计自动化与 EDA 工具

### 1.1.1 EDA 技术的概念及范畴

EDA 是电子设计自动化 (Electronic Design Automation) 的缩写, 产生于 20 世纪 90 年代初, 从计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助测试 (CAT) 和计算机辅助工程 (CAE) 的概念发展而来。它是以为计算机为工作平台, 融合了应用电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果而研制的电子 CAD 通用软件包。它提供了基于计算机和信息技术的电路系统设计方法, 已经被广泛应用于电子电路的设计和仿真、集成电路的版图设计、印制电路板 (PCB) 的设计和可编程器件的编程等各项工作中。

EDA 技术被广泛应用在机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域, 因此 EDA 概念的范畴用得很广。例如, 在飞机制造过程中, 从设计、性能测试及特性分析直到飞行模拟, 都可能涉及 EDA 技术的应用。近年来, 电子产品几何工艺尺寸的日益缩小、电路复杂度的提高, 以及对更快、更灵活元器件的需求, 不断刺激电子设计技术及 EDA 工具的创新。EDA 设计可分为系统级、电路级和物理实现级。利用 EDA 工具, 电子设计师可以从概念、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, 减轻了设计工程师的劳动强度。

EDA 技术可用于以下几种不同的类型: PCB 设计、系统/电路板设计、PL/FPGA 设计、嵌入式软件、ASIC 设计、系统芯片设计、标准 IC 设计、全定制 IC 设计及其他。

### 1.1.2 EDA 常用软件

EDA 工具层出不穷, 目前进入我国并具有广泛影响的 EDA 软件有 Multisim 7 (原 EWB 的最新版本)、PSPICE、OrCAD、PCAD、Protel、Viewlogic、Mentor Graphics、Synopsys、LSI-Logic、Cadence、MicroSim 等。这些工具都有较强的功能, 一般可用于多个方面。例如, 很多软件都可以进行电路设计与仿真, 同时还可以进行 PCB 自动布局布线, 可输出多种网表文件, 与第三方软件兼容。下面按主要功能或主要应用场合, 分别对电路设计与仿真工具、PCB 设计软件、IC 设计软件、PLD 设计工具及其他 EDA 软件进行简单介绍。

#### 1. 电子电路设计与仿真工具

仿真 (Simulation) 是指使用项目模型将特定于某一具体层次的不确定性转化为它们对目标的影响, 该影响是在项目整体层次上表示的。项目仿真利用的是计算机模型和某一具体层次的风险估计, 一般采用蒙特卡洛法进行仿真。

利用模型复现实际系统中发生的本质过程，并通过对系统模型的实验来研究已经存在的或正在设计中的系统，又称模拟。当所研究的系统造价昂贵、实验的危险性大或需要很长时间才能了解系统参数变化所引起的后果时，仿真是一种特别有效的研究手段。利用计算机实现对系统的仿真研究不仅方便、灵活，而且也很经济。例如，美国新型飞机的开发设计方法，美国在设计飞机时大部分采用的是虚拟仿真技术，把多年积累的各项风洞实验参数都输入计算机，然后通过计算机编程编写出一个虚拟环境的软件，使它能够自动套用相关公式并可调用长期积累后输入计算机的相关经验参数。在进行新型飞机设计时，只要把飞机的外形设计数据放入这个虚拟的风洞软件中进行试验，哪里有不合理的问题就改动哪里，直至达到最佳效果，效率提高了，最后只要再在实际环境中测试几次找到不足就可以定型了。从波音 747 到 F16 都是采用的这种方法。空气动力学方面的数据由资深专家提供，软件开发商是 IBM，飞行器设计工程师只需利用仿真软件在计算机平台上进行各种仿真调试工作即可。运用仿真技术可以把从草案、详细设计到风洞试验再到最后出图及实际投产整个周期大概需要 10 年的传统设计过程缩短为 1 年。

仿真的重要工具是计算机。仿真与数值计算、求解方法的区别在于它首先是一种实验技术。仿真过程包括建立仿真模型和进行仿真实验两个主要步骤。仿真可以按不同原则分类：① 按所用模型的类型（物理模型、数学模型、物理—数学模型）分为物理仿真、计算机仿真（数学仿真）、半实物仿真；② 按所用计算机的类型（模拟计算机、数字计算机、混合计算机）分为模拟仿真、数字仿真和混合仿真；③ 按仿真对象中的信号流（连续的、离散的）分为连续系统仿真和离散系统仿真；④ 按仿真时间与实际时间的比例关系分为实时仿真（仿真时间标尺等于自然时间标尺）、超实时仿真（仿真时间标尺小于自然时间标尺）和亚实时仿真（仿真时间标尺大于自然时间标尺）；⑤ 按对象的性质分为宇宙飞船仿真、化工系统仿真、经济系统仿真等。

仿真工具主要指的是仿真硬件和仿真软件。仿真硬件中最主要的是计算机。仿真软件包括为仿真服务的仿真程序、仿真程序包、仿真语言和以数据库为核心的仿真软件系统。本书主要介绍电子电路设计中的常用仿真软件，主要包括 SPICE/PSPICE、Multisim、MATLAB、SystemView、MMICAD LiveWire、Edison、Tina Pro Bright Spark 等。下面简单介绍前三个软件。

### (1) SPICE

SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 是最为普遍的电路级模拟程序，各软件厂家提供了 VSPICE、HSPICE、PSPICE 等不同版本的 SPICE 软件，其仿真核心大同小异，都是采用了由美国加州 Berkeley 大学开发的 SPICE 模拟算法。1998 年被定为美国国家标准。1984 年，美国 MicroSim 公司推出了基于 SPICE 的微机版 PSPICE (Personal-SPICE)。现在用得较多的是 PSPICE 6.2，可以说在同类产品中，它是功能最为强大的模拟和数字电路混合仿真 EDA 软件，在国内普遍使用。最新推出的是 PSPICE 9.1 版本，它可以进行各种各样的电路仿真、激励建立、温度与噪声分析、模拟控制、波形输出、数据输出，并可在同一窗口内同时显示模拟与数字的仿真结果。无论对哪种元器件、哪些电路进行仿真，都可以得到精确的仿真结果，并可以自行建立元器件及元器件库。

SPICE 可对电路进行非线性直流分析、非线性瞬态分析和线性交流分析。被分析的电路中的元器件可包括电阻、电容、电感、互感、独立电压源、独立电流源、各种线性受控源、传输线及有源半导体器件。SPICE 内建半导体器件模型，用户只需选定模型级别并给出合适

的参数即可。

PSPICE 9.1 学生版本运行在 Windows 95/98/NT 操作系统下，以图形交互方式完成原理图输入和各项分析模拟功能的设置，能对模拟和数字混合电路进行仿真，并带有数据后处理、元器件模型编辑、激励函数编辑等软件工具。

PSPICE 9.1 是一个集成软件包，其中主要程序的作用和它们产生的数据文件可以用表 1.1 来描述。

表 1.1 PSPICE 9.1 集成软件包功能

Design Manager 管理和调度各个 软件模块	Schematics	原理图输入和编辑工具，并在此程序中设定分析任务。将电路描述和分析控制命令、输出控制命令等保存在 .cir 电路输入文件中
	PSpice_AD	分析软件，读取 .cir 电路输入文件，完成指定的分析计算，分析结果保存到输出文件 .out 中，并产生绘制曲线所需的 .dat 文件
	Probe	曲线绘制和后处理软件，读取 .dat 文件，进行各种计算和曲线绘制
	TextEdit	文本阅读和编辑器，用来阅读修改电路输入文件，查阅打印分析结果

较为简单的电路分析和模拟任务，只要启动原理图编辑程序 Schematics，系统会自动启动 Design Manager，后者在需要时自动调用 PSpice\_AD 进行分析计算，运行 Probe 绘制分析曲线。

PSPICE 9.1 已经将电路分析核心程序 PSpice\_AD 与数据后处理程序 Probe、分析输出文本文件和电路文本方式输入等功能集成在一个窗口下。这样，使用者可以利用原理图输入工具的 Schematics 图形方式输入电路参数和分析命令，也可以直接使用 PSpice\_AD 集成窗口环境，以文本方式输入电路参数和分析命令，以适应不同的需要。

## (2) Multisim

Multisim 的前身是 EWB (Electronics Workbench)，由加拿大图像交互技术公司 (Interactive Image Technoligics，简称 IIT 公司) 开发，经过不断发展完善推出 Multisim。美国国家仪器公司 (NI) 于 2005 年 2 月收购了 EWB 并于 2007 年推出最新版 NI Multisim 10。Multisim 发展主要经历了以下阶段：

EWB、EWB 4.0、EWB 5.0、EWB 6.0、Multisim 2001、Multisim 7、Multisim 8、Multisim 9、NI Multisim 10。

EWB 是一种电子电路计算机仿真软件，它被称为电子设计工作平台或虚拟电子实验室。EWB 是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 1988 年开发的，自发布以来，已经有 35 个国家、10 种语言的人在使用。EWB 以 SPICE3F5 为软件核心，增强了其在数字及模拟混合信号方面的仿真功能。SPICE3F5 是 SPICE 的最新版本，SPICE 自 1972 年使用以来，已经成为模拟集成电路设计的标准软件。EWB 建立在 SPICE 基础上，它具有以下突出的特点。

① 采用直观的图形界面创建电路：在计算机屏幕上模拟真实实验室的工作台，绘制电路图需要的元器件、电路仿真需要的测试仪器均可直接从屏幕上选取。

② 软件仪器的控制面板外形和操作方式都与实物相似，可以实时显示测量结果。

③ EWB 软件带有丰富的电路元器件库，提供多种电路分析方法。

④ 作为设计工具，它可以同其他流行的电路分析、设计和制板软件交换数据。

⑤ EWB 还是一个优秀的电子技术训练工具，利用它提供的虚拟仪器可以用比实验室中更灵活的方式进行电路实验，仿真电路的实际运行情况，熟悉常用电子仪器测量方法。

EWB 相对其他 EDA 软件而言,是个较小巧的软件,功能也比较单一,就是进行模拟电路和数字电路的混合仿真。它的仿真功能十分强大,几乎可以 100% 地仿真出真实电路的结果,而且它在桌面上提供了万用表、示波器、信号发生器、扫频仪、逻辑分析仪、数字信号发生器、逻辑转换器等工具。它的元器件库中包含了许多大公司的晶体管元器件、集成电路和数字门电路芯片。元器件库中没有的元器件,还可以由外部模块导入。在众多的电路仿真软件中,EWB 是最容易操作的,它的工作界面非常直观,原理图和各种工具都在同一个窗口内,未接触过它的人稍加学习就可以很熟练地使用该软件,对于电子设计工作者来说,它是个极好的 EDA 工具。许多电路无须动用电烙铁就可得知它的结果,而且若想更换元器件或改变元器件参数,只需单击鼠标即可。它也可以作为电学知识的辅助教学软件使用,利用它可以直接从屏幕上看到各种电路的输出波形。EWB 的兼容性也较好,其文件格式可以导出成能被 OrCAD 或 Protel 读取的格式。

NI Multisim 10 是美国国家仪器公司 (NI) 在收购了 EWB 后推出的交互式 SPICE 仿真和电路分析软件的最新版本,它使 NI 扩展了开发测试和设计工具间的无缝集成技术。通过 LabVIEW 的虚拟仪器技术和 Multisim 交互式 SPICE 仿真软件的结合,电子设计人员和电子专业的学生可以很方便地在实验室里做电路原型设计,并将理论和仿真结果与真实测量数据进行比较。NI Multisim 10 成为专业设计与教学领域客户的创新型高质量的 PCB 设计和仿真工具。

NI Multisim 10 专用于原理图捕获、交互式仿真、电路板设计和集成测试。这个平台将虚拟仪器技术的灵活性扩展到了电子设计工程师的工作台上,弥补了测试与设计功能之间的缺口。通过将 NI Multisim 10 电路仿真软件和 LabVIEW 测量软件相集成,需要设计制作自定义印制电路板 (PCB) 的工程师能够非常方便地比较仿真和真实数据,规避设计上的反复,减少原型错误并缩短产品上市时间。

电子设计人员可以使用 NI Multisim 10 交互式地搭建电路原理图,并对电路行为进行仿真。Multisim 提炼了 SPICE 仿真的复杂内容,这样电子设计人员无须懂得深入的 SPICE 技术就可以很快地进行捕获、仿真和分析新的设计,这也使其更适合电子学教育。通过 Multisim 和虚拟仪器技术,PCB 设计人员和电子学教育工作者可以完成从理论到原理图捕获与仿真再到原型设计和测试这样一个完整的综合设计流程。

NI Multisim 10 新增了很多专业设计特性,主要是高级仿真工具、增强的元器件库和扩展的用户社区。元器件库包括 1200 多个新元器件和 500 多个新 SPICE 模块,这些都来自于美国模拟器件公司 (Analog Devices)、凌力尔特公司 (Linear Technology) 和德州仪器 (Texas Instruments) 等业内领先的厂商,其中也包括 100 多个开关模式电源模块。其他增强的功能有会聚帮助 (Convergence Assistant),能够自动调节 SPICE 参数纠正仿真错误;数据的可视化与分析功能,包括一个新的电流探针仪器和用于不同测量的静态探针,以及对 BSIM 4 参数的支持。NI Multisim 10 包括 NI Ultiboard 10.0 和 NI LabVIEW SignalExpress 的集成设计与测试平台,LabVIEW SignalExpress 交互式测量软件通过在工作台上控制所有的仪器来提高效率。NI Ultiboard 10.0 为用户在做 PCB 设计时的布板、布线提供了一个易于使用的直观平台。整个设计的过程从布局、元器件摆放到布铜线都在一个灵活设计的环境中完成,使操作速度和控制都达到最优化。拖放和移动元器件及布铜线的速度在 NI Ultiboard 10.0 中得到了显著提高。在修改了设计规则检查后,用户现在打开一个大型设计的时间快了 2 倍。这些功能的增强都使从原理图到实际电路板的转换变得更便捷,也使最后的 PCB 设计质量

得到很大提高。

### (3) MATLAB

20 世纪 70 年代, 美国新墨西哥大学计算机科学系主任 Cleve Moler 为了减轻学生编程的负担, 用 FORTRAN 编写了最早的 MATLAB。1984 年, 由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司正式把 MATLAB 推向市场。20 世纪 90 年代, MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

MATLAB 是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的简称, MATLAB 可用于算法开发、数据可视化、数据分析及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境, 主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等, 主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。MATLAB 的基本数据单位是矩阵, 因它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似, 故用 MATLAB 来解算问题要比用 C 语言、FORTRAN 语言等完成相同的事情简捷得多, 并且也吸收了 Maple 等软件的优点, 使 MATLAB 成为一个强大的数学软件。在新的版本中加入了对 C、FORTRAN、C++、JAVA 的支持, 可以直接调用, 用户也可以将自己编写的实用程序导入 MATLAB 函数库中方便自己以后调用。此外, 许多的 MATLAB 爱好者都编写了一些经典的程序, 用户可以直接下载使用。

MATLAB 在 PCB 设计中的恰当应用能够提高 PCB 设计质量。例如, 借助于 MATLAB, 利用传输线理论对两平行印制线间的串扰耦合进行分析, 得出耦合响应与传输线参数的定量关系, 给出电子电路设计中 PCB 印制线布设的原则。

## 2. PCB 设计软件

EDA 工具软件众多, 这些 EDA 工具软件各有优势, 如 Mentor Graphics 提供了技术创新的产品与完整解决方案, 让工程师得以克服他们所面临的设计挑战; Cadence 提供新一代的集成电路设计技术和设计方法的平台, 一般用来设计和验证用于消费电子产品、网络和通信设备及计算机系统上的尖端半导体器件、印制电路板和电子系统; Zuken 公司的网络化设计系统, 可使用户在系统软件配置时, 采取最大的灵活性和优化性, 从而可大大提高用户软件的使用率。2002 年, Altium 公司重新设计了设计浏览器 (DXP) 平台, 并发布第一个在新 DXP 平台上使用的产品 (Protel DXP)。Protel DXP 是 EDA 行业内第一个可以在单个应用程序中完成整个电路板设计处理的工具。作为电子产品设计开发人员, 了解各 EDA 工具的优势及产品开发思路有助于提高相关人员的设计水平。

在众多 EDA 软件厂家中, Mentor Graphics、Cadence、Zuken 主要是高端产品, 他们的软件要求在工作站上运行, 操作系统都是 UNIX, 而且价格昂贵。因为 20 世纪 80 年代就有 EDA 软件了, 那时只有 UNIX 支持图形界面, 并且工作站的性能要比 PC 高出很多, 所以一直延续至今, 现在的大公司还是使用工作站。早期的 Protel、PowerPCB 主要面向低端用户, 对计算机的配置要求不高, 一般在 Windows 下运行, 普通的 PC 就可以很好地满足要求。随着个人计算机技术的不断提高, Mentor Graphics、Cadence、Zuken 开始推出 Windows 下的产品。

目前我国市场上的 EDA 软件品牌主要有 Mentor 系列、Cadence 系列、Synopsys 系列、Magma 系列、Ansoft 系列、Zuken 系列、Multisim、PSPICE、AutoCAD 电气版、Protel、大恒电气 CAD 等。世界上最有影响力的 PCB 设计软件公司分别是 Mentor Graphics、Cadence、Zuken 和 Altium。从市场占有率来说, 现在 Mentor Graphics 公司最高, Cadence 公司第二,

Zuken 公司第三。单个的 PCB 工具，Allegro 在中国高端用户中软件占有率最高，PowerPCB 和 Protel 在中国大陆的使用人数比较多。近年来，EDA 产业进行了重新洗牌，几家公司进行了重组以优化公司的产品线。

### 3. IC 设计软件

IC 设计工具很多，主要有 Cadence、Mentor Graphics 和 Synopsys。下面按用途对 IC 设计软件做简要介绍。

#### (1) 设计输入工具

设计输入工具是任何一种 EDA 软件必须具备的基本功能。像 Cadence 的 Composer，Viewlogic 的 Viewdraw。硬件描述语言 VHDL、Verilog HDL 是主要设计语言，许多设计输入工具都支持 HDL（如 Multisim 等）。另外，像 Active-HDL 和其他的设计输入方法，包括原理和状态机输入方法，设计 FPGA/CPLD 的工具大都可作为 IC 设计的输入手段，如 Xilinx、Altera 等公司提供的开发工具 Modelsim FPGA 等。

#### (2) 设计仿真工作

几乎每个公司的 EDA 产品都有仿真工具，Verilog-XL、NC-Verilog 用于 Verilog 仿真，Leapfrog 用于 VHDL 仿真，Analog Artist 用于模拟电路仿真。Viewlogic 的仿真器有 viewsim 门级电路仿真器，SpeedwaveVHDL 仿真器，VCS-Verilog 仿真器。Mentor Graphics 有其子公司 Model Tech 出品的 VHDL 和 Verilog 双仿真器：Modelsim。Cadence、Synopsys 用的是 VSS（VHDL 仿真器）。现在的趋势是各大 EDA 公司都逐渐用 HDL 仿真器作为电路验证的工具。

#### (3) 综合工具

综合工具可以把 HDL 变成门级网表。在这方面，Synopsys 工具占有较大的优势，它的 Design Compiler 作为一个综合的工业标准。它还有另外一个产品叫 Behavior Compiler，可以提供更高级的综合。另外，最近美国又出了一个软件叫 Ambit，据说比 Synopsys 的软件更有效，可以综合 50 万门的电路，速度更快。Ambit 被 Cadence 公司收购后使 Cadence 放弃了它原来的综合软件 Synergy。随着 FPGA 设计规模越来越大，各 EDA 公司又开发了用于 FPGA 设计的综合软件，比较有名的有 Synopsys 的 FPGA Express、Cadence 的 Synplity、Mentor Graphics 的 Leonardo，这三家的 FPGA 综合软件占了市场的绝大部分。

#### (4) 布局和布线

在 IC 设计的布局、布线工具中，Cadence 软件是比较强的，它有很多产品用于标准单元、门阵列，可实现交互布线。最有名的是 Cadence Spectra，它原来是用于 PCB 布线的，后来 Cadence 把它用做 IC 的布线。其主要工具有 Silicon Ensemble（标准单元布线器）、Gate Ensemble（门阵列布线器）、Design Planner（布局工具）。其他各 EDA 软件开发公司也提供各自的布局、布线工具。

#### (5) 物理验证工具

物理验证工具包括版图设计工具、版图验证工具、版图提取工具等。在这方面，Cadence 做得也很好，其 Dracula、Virtuoso、Vampire 等物理工具有很多的使用者。

#### (6) 模拟电路仿真器

前面讲的仿真器主要是针对数字电路的，对于模拟电路的仿真工具，普遍使用 SPICE，这是唯一的选择，只不过是选择不同公司的 SPICE，像 MicroSim 的 PSPICE、Meta Soft 的 HSPICE 等。HSPICE 现在被 Avanti 公司收购了。在众多的 SPICE 中，HSPICE 作为 IC 设计，



模型多,仿真的精度也高。

国产EDA软件“熊猫系统”,打破了国外EDA软件的封锁,使我国继美、日、西欧之后成为拥有大型集成电路CAD系统的国家。随着IC设计的不断发展,又适时地推出了新一代的EDA软件“九天系统”系列软件。“九天系统”面向全定制模拟集成电路和数模混合电路设计,覆盖了原理图输入、电路模拟、交互式自动布局布线、版图编辑、版图验证、寄生参数提取和返标、信号完整性分析等IC设计全流程,将前、后端各工具的数据置于一个统一的设计管理平台中,为用户提供一个集成化的设计环境。“九天系统”系列软件兼容业界标准数据格式,并为主流的EDA工具提供了非常友好和平滑的数据交换接口,使用户可以方便地与第三方EDA工具进行数据互换。

#### 4. PLD设计工具

PLD (Programmable Logic Device) 是一种由用户根据需要而自行构造逻辑功能的数字集成电路。目前主要有两大类型: CPLD (Complex PLD) 和 FPGA (Field Programmable Gate Array)。它们的基本设计方法是借助于EDA软件,用原理图、状态机、布尔表达式、硬件描述语言等方法,生成相应的目标文件,最后用编程器或下载电缆,由目标器件实现。生产PLD的厂家很多,但最有代表性的是Altera、Xilinx和Lattice公司。

PLD的开发工具一般由元器件生产厂家提供,但随着PLD元器件规模的不断增加,PLD设计工具软件的复杂性也随之提高。下面介绍主要元器件生产厂家和开发工具。

① Altera: 20世纪90年代以后发展很快。主要产品有MAX3000/7000、FELX6K/10K、APEX20K、ACEX1K、Stratix等。其开发工具MAX+PLUS II是较成功的PLD开发平台,最新又推出了Quartus II开发软件。Altera公司提供较多形式的设计输入手段,绑定第三方VHDL综合工具,如综合软件FPGA Express、Leonard Spectrum,仿真软件Modelsim。

② Xilinx: FPGA的发明者。产品种类较全,主要有XC9500/4000、Coolrunner (XPLA3)、Spartan、Vertex等系列,其最大的Vertex-II Pro元器件已达到800万门。开发软件为Foundation和ISE。通常来说,在欧洲用Xilinx的人多,在日本和亚太地区用Altera的人多,在美国则是平分秋色。全球PLD/FPGA产品的60%以上是由Altera和Xilinx提供的。可以讲是Altera和Xilinx共同决定了PLD技术的发展方向。

③ Lattice-Vantis: Lattice是ISP (In-System Programmability) 技术的发明者。ISP技术极大地促进了PLD产品的发展,与Altera和Xilinx相比,其开发工具要略逊一筹。中小规模PLD比较有特色,大规模PLD的竞争力还不够强(Lattice没有基于查找表技术的大规模FPGA)。1999年推出可编程模拟器,1999年收购了Vantis(原AMD子公司),成为第三大可编程逻辑器供应商。2001年12月收购了Agere公司(原Lucent微电子部)的FPGA部门,主要产品有ispLSI2000/5000/8000, MACH4/5。

④ ACTEL: 反熔丝(一次性烧写)PLD的领导者。

反熔丝PLD具有以下特点:抗辐射、耐高低温、功耗低、速度快。

⑤ Quicklogic: 专业的PLD/FPGA公司,以一次性反熔丝工艺为主,在中国地区销售量不大。

⑥ Lucent: 主要特点是有不少用于通信领域的专用IP核,但PLD/FPGA不是Lucent的主要业务,在中国地区使用的人很少。

⑦ ATMEL: 中小规模PLD做得不错,也做了一些与Altera和Xilinx兼容的芯片,但在