

全国高职高专电子信息与通信类系列教材

EDA

郭兵 主编

技术及应用



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

全国高职高专电子信息与通信类系列教材

EDA 技术及应用

郭兵 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书是高职高专电子信息类规划教材,全书共6章,每章都安排有实训和习题。本书主要介绍了电路仿真分析软件 Multisim 2001 和印制电路板设计软件 Protel 99 SE 的使用方法,全面介绍了 Multisim 2001 和 Protel 99 SE 的基础知识。以 Multisim 2001 为研究对象,重点介绍了 Multisim 2001 的基本操作、仿真虚拟仪器的使用及电路仿真常用分析方法;以 Protel 99 SE 为研究对象,重点介绍了电路原理图编辑、原理图元件设计、印制电路板基础及 PCB 设计与输出。

本教材介绍了各个软件的功能、特点和使用方法,写法上深入浅出、循序渐进,且注重实用性,用一些简单的实例、实训和练习使读者快速掌握各种软件的使用方法,重点培养学生的电路分析能力和设计印制电路板的能力。本教材实践性强,注重理论联系实际,实训与理论课交叉进行,以期获得较好的教学效果。

本书可作为大中专院校电子信息类电路仿真和印制电路板设计的教材和参考书,也可供广大通信、电子信息类工程技术人员作为有关岗位的培训用书以及学习 EDA 技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术及应用/郭兵主编. —北京:中国电力出版社,2007

全国高职高专电子信息与通信类系列教材

ISBN 978-7-5083-5608-2

I. E… II. 郭… III. 电子电路-电路设计:计算机辅助设计 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 065373 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策划:周娟 责任编辑:齐伟 庞丽 责任印制:陈焊彬 责任校对:黄蓓

北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售

2007 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm 1/16·18.25 印张·356 千字

定价:26.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

随着电子技术和计算机技术的发展，电子产品已与计算机系统紧密相连。电子产品的智能化日益完善，电路的集成度越来越高，而产品的更新周期却越来越短。电子设计自动化（EDA）技术，使得电子线路的设计人员能在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至印制电路板的自动设计，包括印制电路板的温度分布和电磁兼容测试。EDA 是在计算机辅助设计（CAD）技术的基础上发展起来的计算机设计软件系统。与早期的 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，而且操作界面友善，有良好的数据开放性和互换性，即不同厂家的 EDA 软件可相互兼容，所以 EDA 技术已被世界上各大公司、企业和科研单位广泛使用。

目前，世界上已有许多大学将 EDA 纳入电子类课程的教学。因为学习电子技术不仅要求掌握基本原理和计算公式，而且要求在掌握基本原理的基础上着重培养学生对电路的分析、设计和应用开发能力。在电子技术高速发展的今天，新电路、新器件不断涌现。实验室由于受条件的限制，无法及时满足各种电路的设计和调试要求。采用软件仿真的方法，在计算机上虚拟出一个测试仪器先进、元器件品种齐全的电子工作台，一方面克服了实验室在元器件品种、规格和数量上不足的限制，避免了使用中仪器损坏等不利因素；另一方面又可以通过验证、测试、设计、纠错和创新等不同形式的针对性训练培养学生的分析、应用和创新能力，同时通过计算机完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至印制电路板的自动设计，使学生了解用 EDA 技术进行产品设计的基本过程。与传统的实验方式相比较，采用计算机虚拟技术进行电子电路的分析和设计，可突出实验教学以学生为中心的开放模式，不仅使实验的效率得到提高，而且在训练学生掌握正确的测量方法和熟练使用仪器方面的能力、电路综合分析能力以及创新能力上都有较明显的改善和提高。但是目前在高等职业学校，这方面的教学太多还停留在 CAD 阶段，虽有许多高校的教材可供选用，但这些教材对高职学生来说起点过高。因此有必要编写一本适合高职高专学生使用的 EDA 教材，以全面推动电子设计自动化的教学。

本书使用了 Protel 原理图常用元器件图形样本（见附录 D），部分逻辑符号和电气图形符号未采用最新国家标准，为方便读者使用，增加了常用逻辑符号对照表（见附录 C）。

本书由郭兵担任主编，第2章和第3章由王锡惠编写，第5章和第6章由郑洁平编写，朱承参与编写第2章和第4章，第1章、第4章和各章实训部分由郭兵编写，全书由郭兵统稿。重庆科技学院电子与信息学院李太福副教授担任主审。

由于 EDA 技术发展迅猛，加之编者水平有限，编写时间短，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

| | |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 EDA 技术概述 | 1 |
| 1.2 EDA 的发展与现状 | 3 |
| 1.3 Protel 99 SE 简介 | 6 |
| 1.3.1 Protel 99 SE 的运行环境 | 7 |
| 1.3.2 Protel 99 SE 的安装 | 8 |
| 1.4 Multisim 2001 简介 | 10 |
| 1.4.1 Multisim 2001 安装、运行的环境 | 11 |
| 1.4.2 Multisim 2001 的安装 | 11 |
| 1.5 单元习题 | 13 |
| 第 2 章 电子电路仿真软件简介 | 15 |
| 2.1 Multisim 2001 的基本界面 | 15 |
| 2.1.1 Multisim 2001 的启动 | 15 |
| 2.1.2 Multisim 2001 的主窗口 | 15 |
| 2.1.3 Multisim 2001 的菜单 | 16 |
| 2.1.4 Multisim 2001 的系统工具栏 | 17 |
| 2.1.5 Multisim 2001 的设计工具栏 | 17 |
| 2.1.6 Multisim 2001 的元器件库 | 18 |
| 2.1.7 Multisim 2001 的仪器仪表库 | 19 |
| 2.1.8 仿真按钮 | 19 |
| 2.2 Multisim 2001 的基本操作 | 19 |
| 2.2.1 文件的操作 | 19 |
| 2.2.2 Multisim 界面的定制 | 20 |
| 2.2.3 电路元件的操作 | 21 |
| 2.2.4 电路元件的放置及调整 | 24 |
| 2.2.5 元件属性的设置 | 24 |
| 2.2.6 元件的连线 | 25 |
| 2.2.7 总线的绘制 | 26 |

| | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|
| 2.2.8 | 节点的放置 | 27 |
| 2.2.9 | 输入/输出端口的放置 | 27 |
| 2.2.10 | 电路中文字描述的添加 | 28 |
| 2.2.11 | 仪器的选取和连接 | 28 |
| 2.3 | 子电路 | 29 |
| 2.4 | 电路的仿真实验 | 30 |
| 2.5 | 帮助功能的使用 | 32 |
| 2.6 | 实训 | 32 |
| 2.6.1 | Multisim 2001 的基本操作 | 32 |
| 2.6.2 | 绘制简单的仿真电路 | 34 |
| 2.6.3 | 绘制子电路和总线电路 | 36 |
| 2.7 | 单元习题 | 38 |
| 第 3 章 | Mutlisim 2001 仪器的使用与仿真分析 | 40 |
| 3.1 | 常用指示器件的使用 | 40 |
| 3.2 | 虚拟模拟仪器仪表的使用 | 43 |
| 3.2.1 | 数字万用表 (Multimeter) 的使用 | 43 |
| 3.2.2 | 函数信号发生器 (Function Generator) 的使用 | 44 |
| 3.2.3 | 双踪示波器 (Oscilloscope) 的使用 | 45 |
| 3.2.4 | 功率计 (Wattmeter) 的使用 | 47 |
| 3.2.5 | 波特图示仪 (Bode Plotter) 的使用 | 48 |
| 3.2.6 | 失真度分析仪的使用 | 50 |
| 3.3 | 虚拟数字仪器仪表的使用 | 51 |
| 3.3.1 | 逻辑转换仪 (Logic Convertor) 的使用 | 51 |
| 3.3.2 | 字信号发生器 (Word Generator) 的使用 | 53 |
| 3.3.3 | 逻辑分析仪 (Logic Analyzer) 的使用 | 55 |
| 3.4 | 其他虚拟仪器的使用 | 57 |
| 3.4.1 | 网络分析仪的使用 | 57 |
| 3.4.2 | 频谱分析仪的使用 | 58 |
| 3.5 | Multisim 2001 的常用分析方法 | 59 |
| 3.5.1 | 直流工作点分析 | 61 |
| 3.5.2 | 交流分析 | 62 |
| 3.5.3 | 瞬态分析 | 64 |
| 3.5.4 | 傅里叶分析 | 65 |
| 3.5.5 | 噪声分析 | 67 |
| 3.5.6 | 失真分析 | 68 |

| | | |
|--------------|-------------------------|------------|
| 3.5.7 | 直流扫描分析 | 69 |
| 3.5.8 | 灵敏度分析 | 70 |
| 3.5.9 | 参数扫描分析 | 70 |
| 3.5.10 | 温度扫描分析 | 71 |
| 3.5.11 | 极点—零点分析 | 72 |
| 3.5.12 | 传输函数分析 | 73 |
| 3.6 | Multisim 2001 的后续处理 | 74 |
| 3.6.1 | “Analysis Graphs” 窗口设置 | 74 |
| 3.6.2 | 后处理器的基本操作 | 75 |
| 3.7 | 实训 | 77 |
| 3.7.1 | 直流电路的分析 | 77 |
| 3.7.2 | RC 充放电电路及 RLC 串联谐振电路的分析 | 78 |
| 3.7.3 | 单管放大器的分析 | 80 |
| 3.7.4 | 集成运算放大电路的分析 | 81 |
| 3.7.5 | 阻容耦合放大电路的测试 | 83 |
| 3.7.6 | 功率放大电路的分析 | 85 |
| 3.7.7 | 振荡器电路的分析 | 86 |
| 3.7.8 | 组合逻辑电路的分析 | 88 |
| 3.7.9 | 组合逻辑电路的设计 | 89 |
| 3.7.10 | 时序逻辑电路的分析 | 91 |
| 3.7.11 | 计数器电路的测试 | 93 |
| 3.7.12 | 数模及模数转换电路的测试 | 94 |
| 3.8 | 单元习题 | 95 |
| 第 4 章 | 印制电路板的基础知识 | 100 |
| 4.1 | 印制电路板的基本概念 | 100 |
| 4.2 | 印制电路板的种类和性能 | 101 |
| 4.3 | 印制电路板的制作 | 103 |
| 4.4 | 印制电路板设计的基本过程 | 108 |
| 4.5 | 印制电路板的布局原则 | 111 |
| 4.6 | 印制电路板的布线原则 | 113 |
| 4.7 | PCB 高级设计 | 117 |
| 4.8 | PCB 的手工制作实训 | 119 |
| 4.9 | 单元习题 | 124 |
| 第 5 章 | Protel 原理图编辑 | 125 |
| 5.1 | Protel 99 SE 的界面和基本命令 | 125 |

| | | |
|--------|----------------|-----|
| 5.2 | 原理图绘制入门 | 126 |
| 5.2.1 | 原理图的设计流程 | 126 |
| 5.2.2 | 进入原理图编辑器 | 127 |
| 5.2.3 | 元件的放置和编辑 | 134 |
| 5.2.4 | 绘制导线 | 138 |
| 5.2.5 | 放置电气节点 | 140 |
| 5.2.6 | 放置电源及接地符号 | 140 |
| 5.2.7 | 放置总线、总线分支及网络标号 | 141 |
| 5.2.8 | 放置 I/O 端口 | 143 |
| 5.2.9 | 原理图的修改 | 144 |
| 5.2.10 | 原理图的编辑 | 148 |
| 5.2.11 | 画图工具栏的使用 | 153 |
| 5.2.12 | 原理图绘制举例 | 155 |
| 5.3 | 层次电路图设计 | 157 |
| 5.3.1 | 层次电路设计的概念 | 157 |
| 5.3.2 | 层次电路图的设计方法 | 157 |
| 5.4 | 元件库的编辑 | 164 |
| 5.4.1 | 打开元件库编辑器 | 164 |
| 5.4.2 | 元件库编辑器的使用 | 165 |
| 5.4.3 | 元件库编辑工具 | 166 |
| 5.4.4 | 新元件的编辑 | 167 |
| 5.4.5 | 库元件制作举例 | 169 |
| 5.5 | 电气规则检查和生成网络表 | 172 |
| 5.5.1 | 电气规则检查 | 172 |
| 5.5.2 | 生成网络表 | 174 |
| 5.5.3 | 生成元件清单报表 | 177 |
| 5.6 | 原理图输出 | 179 |
| 5.6.1 | 设置打印机 | 179 |
| 5.6.2 | 打印输出 | 181 |
| 5.7 | 实训 | 181 |
| 5.7.1 | 振荡电路的绘制 | 181 |
| 5.7.2 | 接口电路图的绘制 | 183 |
| 5.7.3 | 层次电路图的绘制 | 184 |
| 5.7.4 | 原理图库元器件的制作 | 187 |
| 5.8 | 单元习题 | 188 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第 6 章 PCB 设计 | 192 |
| 6.1 Protel 印制电路板的设计流程..... | 192 |
| 6.2 PCB 设计入门..... | 193 |
| 6.2.1 启动 PCB 编辑器..... | 193 |
| 6.2.2 规划电路板..... | 193 |
| 6.2.3 装入元件封装库..... | 202 |
| 6.2.4 装入网络表和元件封装图..... | 203 |
| 6.2.5 元件布局..... | 207 |
| 6.3 设计规则与自动布线..... | 213 |
| 6.3.1 设计规则..... | 213 |
| 6.3.2 自动布线..... | 221 |
| 6.4 PCB 元件设计..... | 225 |
| 6.4.1 元件封装库编辑器..... | 225 |
| 6.4.2 元件封装库管理..... | 226 |
| 6.4.3 新元件封装设计..... | 227 |
| 6.4.4 新元件封装设计举例..... | 227 |
| 6.5 印制电路板的修整..... | 230 |
| 6.5.1 设计规则的检测..... | 230 |
| 6.5.2 电路板的手工修整..... | 232 |
| 6.6 关于 PCB 图的报表..... | 239 |
| 6.6.1 引脚信息报表..... | 239 |
| 6.6.2 电路板状态信息报表..... | 239 |
| 6.6.3 设计层次分析报表..... | 243 |
| 6.6.4 网络分析信息报表..... | 244 |
| 6.6.5 信号完整性分析报表..... | 244 |
| 6.7 印制电路板的输出..... | 245 |
| 6.8 PCB 设计举例..... | 247 |
| 6.9 PCB 实训..... | 249 |
| 6.9.1 PCB 的基本操作..... | 249 |
| 6.9.2 单面板的制作..... | 250 |
| 6.9.3 双面板的制作..... | 252 |
| 6.9.4 元器件封装的制作..... | 254 |
| 6.10 单元习题..... | 255 |
| 附录..... | 256 |
| 附录 A Multisim 2001 菜单..... | 256 |

| | | |
|------|-------------------------------------|-----|
| 附录 B | Multisim 2001 元器件图形库 (DIN 标准) | 261 |
| 附录 C | 常用逻辑符号对照表 | 266 |
| 附录 D | Protel 原理图常用元器件图形样本 | 267 |
| 附录 E | Protel 常用元器件封装图形样本 | 275 |
| 参考文献 | | 280 |

第1章 绪 论

应知应会要求:

- (1) 了解 EDA 技术的基本概念。
- (2) 了解 EDA 技术的现状与发展趋势。
- (3) 理解 EDA 的设计流程。
- (4) 了解常用的 EDA 软件。
- (5) 掌握常用 EDA 软件的安装方法。

1.1 EDA 技术概述

EDA (Electronics Design Automatic, 电子设计自动化) 是计算机在工程技术上的一项重要应用。EDA 是在电子电路 CAD 技术的基础上发展起来的计算机软件系统, 它是计算机技术、信息技术和 CAM (计算机辅助制造)、CAT (计算机辅助测试) 等技术发展的产物。EDA 技术是计算机辅助设计技术中发展较早和比较成熟的一项技术。

在相关行业, 工程技术人员迅速掌握 EDA 应用技术是提高我国电子产品及工程设计质量, 使之具有国际先进水平的一项重要手段。电子和微电子技术的发展使电子产品的设计活动与计算机设计系统密不可分。这不仅仅是因为采用计算机设计系统能减轻劳动强度、降低成本, 而且因为电子产品越来越小, 功能越来越复杂, 而电子产品的市场寿命却越来越短, 不采用计算机设计系统不仅不能满足对设计的精度和质量的要求, 更不能适应不断变化的市场需求。

电子产品在功能增加、体积缩小、重量减轻、质量提高的同时, 价格却一直呈下降趋势, 市场更新也越来越快。实现这种进步的主要因素是生产技术和设计技术的发展。前者以微细加工技术为代表, 包括元器件和集成电路的生产技术、印制电路制造技术及安装技术, 都成功地把产品性能的提高与可靠性有机地结合在一起, 代表后者的就是计算机设计技术。现代电子产品的功能设计、逻辑设计和电路设计以及在芯片或电路基板上实现复杂功能的物理结构设计均是高超、复杂的技术。正是由于有了现代 EDA 工具, 电子工程师才能从容地完成高难度的设计任务, 不断推出更优质、更价廉的新电子产品。

完成电子产品设计的任务最终是要给出一些文件: 一是供产品内嵌处理器使用的程序代码; 二是供 ASIC 制造的版图文件或供 FPGA、CPLD 的熔丝图文件;

三是供 PCB 制造的版图文件；四是元器件采购清单；五是可能的测试方案。另外还可以包括产品维护、使用等资料。

在计算机不介入设计过程的情况下，上述设计任务的完成过程是：根据设计任务和现有的条件设计电路、进行初步估算、确定电路参数、搭试电路验证设计、根据测试结果修改设计，反复多次。

利用 EDA 工具可以在计算机中进行各个层次的仿真分析，使设计师可以在产品问世之前预知其特性，并进行优化设计。成熟的现代生产工艺可以保证设计结果的准确性。

以前，产品设计常常是自下而上进行的，即产品的性能、功能等由低层设计决定。比如，根据市场上现有的集成电路和生产工艺决定选用哪种电路，这些电路再组成系统，系统的特性是不能预先知道的。因此，设计师的经验在设计中是很关键的。

利用 EDA 工具进行产品设计，就可以采用自上而下的设计方式，设计师直接在系统一级分析系统特性。软件工具和技术进步保证了仿真结果是真实可信的。自上而下的设计方式易于描述，设计师可集中注意力在系统功能上，有利于产品技术水平的提高。这种方式在数字系统中应用最成功，但在模拟系统中应用还有困难。

下面以设计一个脉冲拨号电话机为例，简单说明 EDA 设计的过程。

电话机由拨号电路、语音电路、响铃电路等组成。系统总设计师根据电信标准确定这个电话机的功能和电性能参数，将其分配到各个组成部分。

拨号电路设计师根据系统总设计师的要求设计拨号控制电路，用数字电路进行设计。首先设计电路，再进行逻辑仿真。考虑到生产量大，选用 ASIC (Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路)。以 ASIC 生产厂家提供的数据作为约束条件，用工具软件对 ASIC 布局布线，然后再仿真分析、验证，满意后将 ASIC 的版图文件交给 IC (集成电路) 工厂生产。

语音电路设计师根据给定参数设计模拟电路，对于电路的性能，可进行模拟仿真分析。通常是对所设计的电路施加各种激励，观察电路的响应，据此判断电路性能。还可以对批量生产情况进行仿真，进行灵敏度分析、最坏情况分析等。如果对电路特性不满意，可以改动设计，再次仿真分析。

响铃电路也是模拟电路，设计过程相同。模拟电路也可制作 ASIC。

电路设计完成以后，进行 PCB 设计。将在电路设计和 ASIC 设计中生成的有关元件的封装参数和连接关系 (网络表) 导入 PCB 设计工具软件，程序根据设计规则进行自动布局布线，生成 PCB 版图。经过设计师检查合格后，将版图文件以及包含加工信息的文档交给 PCB 工厂生产。

生产车间根据电路设计文档和 PCB 设计文档提供的数据采购元器件，制定

装配工艺,从 PCB 生产厂得到 PCB,从 ASIC 生产厂得到 IC,就可装配电话机。

到此就初步完成了产品的电子设计过程(其中还有其他的设计和配合,比如设计机壳也是重要的一环)。

如果现有的电信标准很具体,这个产品涉及的技术比较成熟,总设计师的 EDA 工具和设计资源比较完善,那么在总设计师这层就可对产品的各项特性进行分析评估,在产品投入生产以前就可同时进行产品的宣传准备、成本核算以及与其他单位的合作等,其结果是缩短了产品开发的时间,提高了产品的竞争力。

这个例子说明 EDA 的主要内容还是计算机辅助分析和计算机辅助版图设计。只是技术的进步使得这些工作可以让计算机做得更多了。仿真分析的进步是可以进行电路参数的优化、逻辑化简和优化等;版图设计的进步是自动布局布线,PCB 有各种自动布线工具,ASIC 有布局布线工具,CPLD 和 FPGA 的逻辑综合工具也有布局布线功能。

1.2 EDA 的发展与现状

早在 20 世纪 60 年代和 70 年代,人们就开始用计算机设计硬件,并在电路板设计中诞生了计算机辅助设计(Computer Aided Design)即 CAD 的概念。

初期的 CAD 系统功能比较简单,自动化、智能化程度都很低。随后经过一段时间的发展,功能大幅度上升,除了纯粹的图形绘制功能外,还把电路的功能设计和结构设计通过电气连接网络表结合在一起,实现了工程设计,这就是 CAE(Computer Aided Engineering)的概念。

这种 CAD/CAE 系统可以进行电气原理图输入、逻辑模拟、电路分析、布局、布线和电路板的物理特性分析。

采用 CAD 技术有如下优点:

(1) 可以提高设计精度和质量,没有 CAD 技术,根本不可能设计出高精度的工业电路板。

(2) 大大缩短了设计时间,只有抢在竞争对手之前推出产品,才能占领市场。

(3) 设计的修改和完善非常容易,满足产品更新换代快的市场要求。

(4) 设计数据可直接供电路板生产、安装、测试、质量控制和生产管理使用。

(5) 可以利用设计资源对产品进行逻辑模拟和电路分析,对产品进行性能分析。

(6) 减轻劳动强度,利于生产自动化,降低产品成本。

随着半导体器件的日益复杂,CAD 技术的应用范围延伸到硅芯片的设计。CAD 技术的应用大大推动了电子和微电子技术的进步,技术的进步和市场竞争又推动了 CAD 技术的不断发展。

尽管 CAD 技术的应用获得了巨大的成功,但并没有把人从繁重的设计工作

中彻底解放出来。在设计工作中，始终是人和计算机协同工作，人是设计工作的主体，计算机是辅助人工作的工具，由人确定设计要求，进行总体设计，提出很具体的方案，计算机接受人分派给的设计信息后，靠高存储量的记忆能力和高速运算，对设计方案进行模拟、检验、数据处理。在整个设计过程中，计算机完成某些设计步骤的自动化程度还不够高，各设计环节间的衔接还不够通畅，设计资源的利用还不够充分，出现错误或设计不理想时，要由人进行大量、繁琐的修改。也就是说，人的积极因素和智慧因素未得到更充分的发挥。

在软件方面，过去的 CAD 系统除了价格和性能因素外，尚有以下原因影响推广使用：

(1) 所谓的交钥匙工程，即软件依赖具体的硬件，软件必须与硬件平台同时提供，软件不能往其他的硬件系统上移植，系统缺乏柔性。

(2) 用户界面不友好，厚厚的手册让人望而生畏，一层层的菜单，一条条的指令让人眼花缭乱。尽管都叫 CAD，但功能界面却千差万别。尽管你对某一种 CAD 系统使用得很熟练，一旦换到其他 CAD 系统又得从头学起。

(3) 数据交换能力差、互不兼容。面对越来越复杂的需求和越来越先进的生产工艺，任何一个系统都不可能包罗万象，完成所有的设计工作。而任何一个设计又都有可能是由不同的软件合作完成的。如一块电路板需要历经电气原理设计、模拟仿真、电路板布局布线以及光绘、PCB 制作、安装、检验等过程，每个过程可能由不同的厂家完成，整个过程的衔接是靠各类格式的数据输入和输出实现的。从一套系统转到另一套系统或从一个设计阶段转到另外一个设计阶段时，数据交换发生阻塞是应用 CAD 系统时最害怕发生、也是最经常发生的事情。

(4) 自动化、智能化程度低。比如对一块密度较高的 PCB 自动布线，布通率只能到 95% 左右，而靠人工布通剩下的 5% 需要花费 10 倍甚至几十倍于自动布线的�时间。

随着 CAD 技术的日渐成熟，有了存储量更大、速度更高的硬件平台，有了更加完善的操作系统的支持。在电子设计领域，人们迫切追求的是：贯通整个设计过程的设计自动化，这就是 EDA 即电子设计自动化的概念。

EDA 是继 CAD 之后的新一代计算机设计系统，与 CAD 之间界限尚不明显。但可以肯定的是，EDA 是电子领域内基于性能更强的硬件、环境更为完善的操作系统上的更高级的计算机设计系统。CAD 阶段是计算机辅助人完成任务，而应用 EDA 技术则是在人的指导下由计算机完成设计任务。

首先，EDA 的自动化、智能化程度更高，功能更丰富完善，且界面友好。在电子设计自动化技术中，人为操作技术占的比重越来越少，计算机包办的事情越来越多。人类则可以有充足的精力、时间，加以发挥直觉、创造等方面的优势，

尤其是在最关键的地方进行决策。

其次,EDA的开放性和数据交换性好。电子设计自动化技术比CAD技术更注意贯彻整个产品设计过程中各个设计环节间的有机连接和设计资源的充分利用,允许不同厂家的自动化工具配合使用。最先进的EDA技术可以非常容易地把用以完成各设计阶段任务的EDA工具,利用“框生产加工”等一系列活动的开放式的产品的设计系统。

再次,EDA技术更实用。当今的EDA技术更面向设计对象,更贴近实践。如果说CAD技术是软件设计师熟练运用软件技术的杰作,则EDA技术一方面是软件技术,另一方面则是软件设计师们对整个设计过程和相关的生产实践活动潜心研究和透彻理解的结晶。因此用EDA技术进行设计,不仅能大幅度缩短产品开发周期、降低成本,而且能最大限度地将设计资源应用到产品设计的各个过程和生产、管理的各个阶段中,保证设计出来的产品在性能、可靠性和适合工业化生产方面达到满意结果。

现代电路设计即电路EDA是以电子计算机为主要工具的。计算机的应用改变了电路设计的方式。首先,由于计算机的计算能力强,有可能采用精确的模型自动建立电路或系统方程,并用它分析、计算电路的性能指标,如果不满足,还可自动修改参数,使所设计的电路达到最优化的目的。其次,可用电子计算机直接模拟电路的各种功能,用功能程序代替大量的仪器仪表,对电路进行各种分析、计算和模拟,而不需要任何实际元件。因此,有人称计算机为“现代化实验室”。可见,电子计算机这一强有力的工具,使设计过程由以搭接实验电路进行凑试为主的方式,改变为以计算机进行分析计算和最优化为主要的设计方式。由于EDA技术把电子计算机的快速、高精度、存储容量大、严格的逻辑判断和优良的数据处理能力与人的创造性思维能力充分结合起来,因而比传统的电路设计方法优越得多。具体体现在下述几方面:

- (1) 设计效率高,使设计周期大为缩短。
- (2) 设计质量和产品合格率大为提高。
- (3) 可节约原材料和仪器仪表等,从而降低了成本。
- (4) 可模拟各种极限情况,如超低频、大功率、高温、低温等。
- (5) 代替人的重复性劳动,节约人力资源。

目前,计算机应用于电子线路设计的许多阶段。例如在方案设计阶段,计算机可用来对各种预选的电子线路方案进行分析与比较,选取最佳方案;在方案设计成功后,计算机可进行印制电路板和集成电路板的布线设计;在试验阶段,计算机可完成对测量数据的处理和分析等。虽然利用计算机进行电子电路设计具有以上优点,但目前却不能进行电子电路的完全自动化设计。一般说来,这种设计过程还要依赖于人的智慧和劳动,依赖于对计算机的妥善使用。总之,在此过程

中,设计者的思考和意图仍占主导地位,而计算机仅仅作为一种有效的设计工具。

1.3 Protel 99 SE 简介

Protel 软件包是 20 世纪 90 年代初由澳大利亚 Protel 公司研制开发的基于 DOS 平台的电子电路 CAD 软件包,即 Schematic 3.31 和 Autotrax 1.61。之后,便全面转向 Windows 平台软件的开发。1998 年推出 Protel 98,它是第一个包含 5 个核心模块的真正 32 位 EDA 工具。全新一代 EDA 软件 Protel 98 for Windows 95/NT 是将 Advanced SCH 98 (电路原理图设计)、PCB 98 (印制电路板设计)、RoutC 98 (无网布布线器)、PLD 98 (可编程逻辑器件设计)、SIM 98 (电路图仿真/模拟) 集成于一体的设计环境。1998 年后,Protel 公司再次引进强大技术——MicroCode Engineering 公司的仿真技术和 Incases Engineering Gmbh 公司的信号完整性分析技术,使得 Protel 公司的 EDA 软件步入了与 UNIX 上大型 EDA 软件相抗衡的局面。1999 年,Protel 公司正式推出了 Protel 99——具有 PDM (独特的设计管理) 功能的强大 EDA 综合设计环境。Protel 98/99 及软件的 Client/server 体系结构,代表了当今桌面 EDA 软件技术的最新发展水平;全面引入“规则驱动”体系,实现了 EDA 技术从工作站向桌面 PC 转移的重大突破,适应了日新月异发展着的电子技术对软件功能、速度、易用性的需求。2006 年年初,Protel 软件的原厂商 Altium 公司推出了 Protel 系列的最新高端版本 Altium Designer 6.0,它是完全一体化电子产品开发系统的一个新版本,也是业界第一款唯一一种完整的板级设计解决方案。Altium Designer 是业界首例将设计流程、集成化 PCB 设计、可编程器件 (如 FPGA) 设计和基于处理器设计的嵌入式软件开发功能整合在一起的产品,一种同时进行 PCB 和 FPGA 设计以及嵌入式设计的解决方案,具有将设计方案从概念转变为最终成品所需的全部功能。

Protel 电气原理设计软件 Advanced Schematic 和印制板电路设计软件 Advanced PCB 本身就是 Windows 应用程序。熟悉 Windows 的用户基本就会用 Protel,诸如文件的调入、存储、打印等操作就是标准的 Windows 操作,其他大部分功能如编辑、选择、移动、剪切、粘贴、视窗跟随等与标准 Windows 应用程序大同小异。在电子产品的各个设计阶段中,Protel 采用连贯一致的用户界面,其 Client/Server 即 C/S 体系结构把具有不同功能的软件设置为服务器 (Server) 在体系中运行,它们与操作者相互间的交流则一律通过 Client (客户机) 进行。在这样的标准化的用户界面下,用户可以制定工作环境,例如,可以按照自己的习惯改变菜单、工具栏、快捷键,运行和制定宏指令。这样,不论进入到哪个设计阶段,用户界面都是相同的。从一种设计工作转到另一种设计工作几乎用不着学习,设计师们可以把功夫完全集中于真正的设计上。

Protel 98/99 的另一特色就是其数据交换能力和开放性。Protel EDA 系统是一