

# Protel 电路设计实例与分析

张海兵 李 敏 编著

人 民 邮 电 出 版 社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

Protel 电路设计实例与分析/张海兵, 李敏编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.10

ISBN 7-115-13648-3

I. P... II. ①张...②李... III. 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件, Protel  
IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 111762 号

## 内 容 提 要

本书首先通过 DSP 控制系统的完整设计流程, 详细讲解了利用 Protel 软件进行基础电路设计的方法和技巧。然后通过基于单片机的 PCI 接口电路的设计, 介绍了双面板及计算机接口卡的设计方法, 再通过 Altera CPLD 的 JTAG 下载电路的设计对 Protel 的设计应用知识点进行了补充讲解。并通过两个章节的篇幅以多路 V/F 转换电路和 Altera FPGA 的设计实例讲解了 Protel DXP 中的多通道设计和 FPGA 设计功能。

此外还讲解了高速电路设计中的电磁兼容和 P 信号完整性分析、如何通过 Protel 进行信号完整性仿真分析、如何选择设计相关的元器件、电路板的工艺和焊接方法, 最后通过问题解答的方式讨论了读者在应用 Protel 进行电路设计中所遇到的常见问题, 使得本书形成了一个完整的 Protel 电路设计的知识体系。

## Protel 电路设计实例与分析

- 
- ◆ 编 著 张海兵 李 敏  
责任编辑 杜 洁
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鸿佳印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 27.25  
字数: 665 千字  
印数: 1—5 000 册
- 2005 年 10 月第 1 版  
2005 年 10 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 7-115-13648-3/TP · 4768

定价: 44.00 元 (赠光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

# 前 言

## 关于本书

Protel 是 Protel 公司（现已更名为 Altium 公司）所开发的引领 EDA（电路设计自动化）发展的优秀桌上型电路设计软件。从 Protel 99 SE 到 Protel DXP，从电路级设计到板级设计，Protel 一直是大多数电子电路设计人员使用最多的 EDA 设计软件之一。

本书结合 Protel 软件的主流版本（Protel 99 SE & Protel DXP），对多个设计实例进行了分析，不但全面系统地介绍了 Protel 99 SE/DXP 的功能和使用方法，而且还可以拓宽读者的电路设计思路。书中的所有设计实例均为设计者经常会接触到的一些开发项目，涉及面宽，具有很强的实用性和可操作性。此外，本书还提供了大量电路设计的方法和技巧，并介绍一些相关的 Protel 系统特殊配置操作，包括系统个性定制、参数配置、第三方接口等。

附书光盘提供了丰富的素材、设计实例和设计参考资料，使读者能够参照实例在实践中学习，在实践中提高。不仅让读者掌握了 Protel 的使用，而且让读者学会有效地利用 Protel 工具进行电路设计。

## 本书的组织结构

本书分为 6 部分，包括绪论、1~12 章和附录。

- 绪论：电路设计方法与工具。对 EDA 设计的基本方法和利用 Protel 软件进行电路设计的基本流程以及 Protel 软件的设计环境进行了介绍。
- 第一部分：Protel 基本电路设计实例，包括第 1 章~第 5 章。这部分通过实际的电路设计实例，详细介绍了利用 Protel 软件进行电路原理图和 PCB 图设计的设计方法和技巧。
- 第二部分：Protel 高级电路设计实例，包括第 6 章~第 7 章。这部分介绍了 Protel DXP 具有的独特的多通道设计和 FPGA 设计新功能及与 Max+Plus-II 的接口。
- 第三部分：高速电路设计，包括第 8 章。这部分介绍了 Protel 进行高速印制线路板设计的方法和技巧，同时通过实例操作介绍了利用 Protel 进行信号完整性分析的方法。



- 第四部分：设计参考，包括第 9 章～第 12 章。这部分介绍了在电路设计中经常要考虑到的元器件的选择和印制电路板设计工艺问题，以及 Protel 设计规则的设定方法，即系统配置。
- 附录部分：分为附录 A～附录 E。这部分内容不但对一些 Protel 设计中的疑难问题进行了分析，而且还对电路设计中的常用术语、快捷键、DXP 集成库、IC 封装代号尺寸进行了汇总。其中附录 B～E 放在随书光盘中。

### 本书适用的读者

本书适合所有学习和使用 Protel 软件(Protel 99 SE 和 Protel DXP)进行电路设计的人员。对电路设计的思路和方法有很好的指导作用，尤其对于大专院校电子及相关专业的学生和技术人员可作为很好的设计指导和参考手册，也可以作为相关培训机构的培训教材。

由于本书的内容由浅入深，以会用为基准，以实践为主线，以实用为目的，并穿插大量的设计技巧和常见问题，所以既适合初学者，也适合进阶者。

### 本书约定

本书所列出的插图、设计结果可能会与读者实际环境中的操作界面有所差别，这可能是由于操作系统平台、系统版本的不同而引起，在此特别说明，一切以实际情况为准。

在本书的编写过程中，得到了段祉鸿、张婕、胡永生、佟艳艳、张乐、王庆广、吴淼、王立春、陈越兴、方文华、彭璞、李文强、石龙、孙华德、孙宝林、谢哲辉等人的帮助和支持，感谢他们为本书所付出的心血和努力。由于时间仓促，加上编著者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者予以批评指正。如有好的建议或在学习本书中遇到疑难问题，欢迎大家发电子邮件联系作者(smile\_zhb@163.com)或本书责任编辑(dujie@ptpress.com.cn)。

编者

2005 年 9 月

# 光盘使用说明

本书配套光盘中包括了书中所有的设计实例文件、Protel 99 SE 附加程序以及 Protel DXP 集成设计库汇总文件（Excel 格式），具体如下。

- 本书设计实例工程文件，位于附盘“\设计实例”目录下。
- Protel 99 SE 附件程序，位于附盘“\Protel 99-Addition”目录下。
- 各种 IC 封装代号尺寸，位于附盘“\IC 封装代号尺寸”目录下。
- Protel PCB 汉字标注程序，位于附盘“\Protel\_PCB\_Hanzi”目录下。
- Protel DXP 集成库详细列表，位于附盘“\Library Index.xls”文件。
- 本书的附录 B 和附录 C，位于附盘“\附录”目录下。

## 1. Protel DXP 运行环境说明

### (1) 建议系统配置

操作系统：Windows XP（Professional 或 Home Edition）

硬件配置：Pentium 4，3GHz 或以上

内存：1GB 或以上

硬盘：40GB 以上

显示卡：1280 × 1024 屏幕分辨率、真彩 32-bit、32MB 显存

### (2) 基本系统配置

操作系统：Windows 2000 Professional（SP2）

CPU：Pentium 500MHz 或以上

内存：256MB 以上

硬盘：10GB 以上

显示卡：1024×768 屏幕分辨率、真彩 32-bit、16MB 显存

## 2. Protel 99 SE 运行环境说明

### (1) 建议系统配置

操作系统：Windows 2000 Professional



CPU: Pentium 500MHz 或以上

内存: 64MB 以上

硬盘: 20GB 以上

显示卡: 1024×768 屏幕分辨率、真彩 32-bit、32MB 显存

(2) 基本系统配置

操作系统: Windows 95/98

CPU: Pentium 166MHz 或以上

内存: 32MB 以上

硬盘: 1GB 以上

显示卡: 800×600 屏幕分辨率、真彩 16-bit、16MB 显存

# 目 录

绪论 电路设计方法与工具 .....	1
I 基本设计方法 .....	1
I.1 电路级设计 .....	1
I.2 系统级设计 .....	2
II Protel 软件概述 .....	2
II.1 Protel 电路原理图设计和 PCB 设计流程 .....	3
II.1.1 电路原理图设计流程 .....	3
II.1.2 PCB 设计流程 .....	4
II.2 Protel 软件环境介绍 .....	5
II.2.1 Protel 99 SE 集成设计环境 .....	5
II.2.2 Protel DXP 集成设计环境 .....	10

## 第一部分 Protel 基本电路设计实例

第 1 章 Protel 基本电路设计实例——基于 DSP 控制系统的设计 .....	15
1.1 Protel 电路原理图设计环境定制及相关参数设置 .....	15
1.1.1 【Document Options】(文件选项) 设置 .....	16
1.1.2 【Preferences】(个性化) 设置 .....	20
1.2 Protel 电路原理图设计实例——系统分析 .....	25
1.2.1 DSP 控制系统设计的功能需求分析 .....	26
1.2.2 DSP 控制系统设计的实现方法 .....	27
1.2.3 系统设计应注意的问题 .....	28
1.3 Protel 电路原理图设计实例——设计新元件类型 .....	29
1.3.1 创建 Protel 工程文件 .....	30
1.3.2 七段数码管元件符号设计 .....	33
1.3.3 SST39VF800A 元件符号设计 .....	40
1.3.4 TLC5510 元件符号设计 .....	44
1.3.5 四运算放大器 OPA4350 元件符号设计 .....	45
1.3.6 TMS320VC5409 元件符号设计 .....	47
1.3.7 CPLD 芯片 LC4256V-5T176I 元件符号设计 .....	50



1.3.8	其他元件类型的设计	52
1.3.9	创建元件类型中的常用快捷键	54
1.3.10	小结	54
1.4	Protel 电路原理图设计实例——电路原理图绘制	55
1.4.1	创建电路原理图设计文件	55
1.4.2	元件符号的导入方法	57
1.4.3	DSP 芯片主电路原理图设计	60
1.4.4	A/D 转换电路原理图的设计	76
1.4.5	CAN 总线接口电路原理图设计	81
1.4.6	CPLD&SRAM 芯片电路原理图设计	84
1.4.7	键盘显示电路原理图设计	88
1.4.8	接口驱动电路原理图设计	92
1.4.9	建立 DSP 控制系统主控系统电路原理图层次关系	103
1.4.10	DSP 控制系统设计编译	109
1.4.11	为电路原理图设计文件添加文件标题块信息	114
1.5	Protel 电路原理图设计实例——电路原理图各种报表功能使用分析	115
1.5.1	DSP 控制系统网络列表	115
1.5.2	DSP 控制系统材料清单报表	118
1.5.3	DSP 控制系统元件交叉引用参考报表	122
1.5.4	DSP 控制系统设计层次报表	122
<b>第 2 章</b>	<b>Protel 元件 PCB 封装设计实例</b>	<b>123</b>
2.1	元件 PCB 封装概念	123
2.2	元件 PCB 封装设计环境及设计方法	124
2.2.1	Protel 元件 PCB 封装设计环境	124
2.2.2	Protel 建立元件 PCB 封装的方法及流程	131
2.3	用封装向导建立 DSP 控制系统规则元件 PCB 封装	134
2.3.1	Protel 标准元件 PCB 封装类型库的使用	134
2.3.2	TMS320VC5409 芯片的 PCB 封装设计	135
2.3.3	CPLD 芯片的 PCB 封装设计	136
2.3.4	按钮元件的 PCB 封装设计	137
2.3.5	FLASH 芯片的 PCB 封装设计	138
2.3.6	贴片电阻的 PCB 封装设计	139
2.4	一些不规则元件 PCB 封装设计	140
2.4.1	电源芯片 TPS75733 的 PCB 封装设计	140
2.4.2	DC/DC 电源模块的 PCB 封装设计	145
2.5	元件 PCB 封装规则检查	146
2.6	Protel 建立元件 PCB 封装技巧	147
2.7	Protel 建立 PCB 封装的常见错误分析	149

2.8	常用标准元件 PCB 封装类型介绍	151
2.9	选择元件封装形式的原则	154
<b>第 3 章</b>	<b>Protel 印制线路板设计实例——多层板设计</b>	<b>155</b>
3.1	Protel 印制线路板设计环境介绍	155
3.2	创建 PCB 板形设计文档	158
3.2.1	利用向导创建“DSP 控制系统”PCB 板形设计文档	158
3.2.2	利用手工创建 DSP 控制系统 PCB 板形设计文档	164
3.3	Protel 印制线路板设计实例——PCB 元件载入	167
3.3.1	利用同步器载入“DSP 控制系统”PCB 元件	167
3.3.2	利用网络列表文件载入“DSP 控制系统”PCB 元件	172
3.3.3	PCB 元件载入错误分析及处理方法	173
3.4	Protel 印制线路板设计实例——布局和布线	174
3.4.1	多层板的概念	174
3.4.2	多层板的优点和使用原则	176
3.4.3	DSP 控制系统主控板 PCB 工作层设置	176
3.4.4	DSP 控制系统主控板 PCB 元件的布局设计	180
3.4.5	DSP 控制系统主控板 PCB 布线设计	199
3.4.6	多层板设计注意事项	223
3.4.7	混合信号 PCB 的分区设计	224
3.5	Protel 印制线路板设计实例——PCB 特殊操作技巧	226
3.5.1	转换工具使用	227
3.5.2	生成工程 PCB 元件设计库	227
3.5.3	泪滴焊盘	228
3.5.4	蛇形走线	229
3.5.5	添加印制线路板布线符号	229
3.5.6	添加测试点	232
3.5.7	创建对象类	233
3.6	Protel 印制线路板设计实例——PCB 的设计验证	235
3.7	Protel 印制线路板设计实例——PCB 板形设计文件输出	237
3.7.1	设计文件打印	237
3.7.2	DSP 控制系统主控板 PCB 的 Gerber (光绘) 文件输出	241
3.7.3	DSP 控制系统主控板 PCB 的 NC 钻孔文件输出	244
3.8	Protel 印制线路板设计实例——PCB 报表功能使用分析	246
3.8.1	生成 PCB 常用报表文件	246
3.8.2	PCB 中对象距离的测量	247
3.9	印制线路板设计常用快捷键	248
<b>第 4 章</b>	<b>Protel 基本电路设计实例——基于单片机的 PCI 接口电路设计</b>	<b>249</b>
4.1	PCI 总线概念	249



4.2	PCI 总线的特点	250
4.3	PCI 总线接口的设计方法	251
4.4	PCI 接口芯片 PCI9054	251
4.5	PCI 总线接口电路原理图设计	252
4.5.1	方案选择	253
4.5.2	创建 PCI 接口电路元件符号	253
4.5.3	PCI 接口电路原理图绘制	256
4.6	创建 PCI 总线接口电路元件 PCB 封装	259
4.7	PCI 接口电路 PCB 设计	261
4.8	PCI 总线接口电路 PCB 布局布线	262
4.8.1	PCI 接口电路 PCB 布局	262
4.8.2	PCI 接口电路 PCB 自动布线	263
4.8.3	手工调整布线	264
4.8.4	覆铜	264
4.8.5	包地	265
4.8.6	矩形填充	266
4.9	电气设计规则检查	267
4.10	交互式参考功能使用	267
4.11	PCI 总线接口电路设计输出	269
4.12	创建集成设计成库	272
<b>第 5 章</b>	<b>Protel 基本电路设计实例——CPLD 的 JTAG 下载电路设计</b>	<b>277</b>
5.1	JTAG 接口概述	277
5.2	Altera CPLD 的 JTAG 下载电路原理图设计	278
5.2.1	74HC244 元件符号设计	278
5.2.2	绘制电路原理图	278
5.2.3	对具有相似名称的网络标签快速更名	279
5.3	JTAG 下载电路印制线路板设计	280
5.3.1	元件 PCB 封装设计	280
5.3.2	PCB 板形设计	283
5.3.3	JTAG 下载电路 PCB 元件载入	284
5.3.4	JTAG 下载电路 PCB 的布局与布线	284
5.3.5	条件式对象查询	285
5.3.6	文档比较	287
5.3.7	元件关联	288
<b>第二部分 Protel 高级电路设计实例</b>		
<b>第 6 章</b>	<b>Protel DXP 中的多通道设计实例——多路 VFC 电路设计</b>	<b>293</b>

6.1	创建多通道设计	293
6.2	多通道设计 PCB 元件载入	297
6.3	多通道设计布局和布线	298
6.4	查看通道标识分配	300
6.5	通道名称命名方式设定	301
<b>第 7 章</b>	<b>Protel DXP 中的 FPGA 设计</b>	<b>303</b>
7.1	建立 FPGA 设计工程	303
7.1.1	建立 FPGA 设计工程	303
7.1.2	设置工程选项	304
7.2	建立 FPGA 设计工程电路原理图源文件	305
7.3	选择 FPGA 芯片制造商	305
7.4	加载 FPGA 芯片元件库	306
7.5	在电路原理图中添加元件符号	307
7.6	添加网络端口符号	308
7.7	添加导线连接和网络标签	309
7.8	器件配置和生成 FPGA 网络列表	310
7.8.1	指定器件的类型	310
7.8.2	添加端口参数	310
7.9	生成 EDIF-FPGA 网络表	311
7.10	利用 MAX+Plus- II 导入 EDIF 文件	312
7.11	FPGA 的参数属性配置	314
7.11.1	宏单元 (MACROCELL) 属性配置	315
7.11.2	关键路径 (CRITICAL PATH) 属性配置	315
7.11.3	端口内部缓冲 (INHIBIT_BUF) 属性配置	316
7.11.4	FPGA_GSR 属性配置	317
7.11.5	时钟缓冲器 (Clock_Buffer) 属性配置	317

### 第三部分 高速电路设计

<b>第 8 章</b>	<b>高速电路设计</b>	<b>321</b>
8.1	什么是高速电路	321
8.2	高速 PCB 板的设计方法	321
8.2.1	确定 PCB 板中的高速区域	322
8.2.2	合理确定 PCB 布线的拓扑结构	322
8.2.3	匹配终端的设计	322
8.2.4	电磁干扰抑制	323
8.2.5	高频旁路电容滤波	324



- 8.2.6 其他提高系统抗干扰措施 ..... 324
- 8.3 高速 PCB 信号完整性设计 ..... 325
  - 8.3.1 高速电子线路 PCB 信号完整性 ..... 326
  - 8.3.2 确保信号完整性的 PCB 设计方法 ..... 327
  - 8.3.3 Protel 中的 PCB 信号完整性分析 ..... 328
- 8.4 电磁兼容 EMC ..... 339
  - 8.4.1 电磁兼容 (EMC) 基本概念 ..... 340
  - 8.4.2 电路设计及 EMC 器件选择 ..... 340
  - 8.4.3 PCB 中的电磁兼容设计 ..... 342
  - 8.4.4 单层或双层板如何减小辐射 ..... 343
  - 8.4.5 接地 ..... 344

### 第四部分 Protel 设计参考

- 第 9 章 元器件应用和选择指南 ..... 347
  - 9.1 电子元器件介绍 ..... 347
    - 9.1.1 半导体元器件的分类 ..... 347
    - 9.1.2 分立元件知识 ..... 348
  - 9.2 元器件的选择 ..... 352
    - 9.2.1 元器件选取要点 ..... 352
    - 9.2.2 元器件查询指南 ..... 353
- 第 10 章 印制线路板制作工艺 ..... 357
  - 10.1 印制线路板制作工艺 ..... 357
  - 10.2 表面贴装印制板相对于直插引线式安装印制板的特点 ..... 359
  - 10.3 印制线路板焊接安装规范及方法介绍 ..... 360
    - 10.3.1 印制线路板焊接安装规范 ..... 360
    - 10.3.2 贴片元件的焊接方法 ..... 361
    - 10.3.3 BGA 芯片的焊接方法 ..... 361
- 第 11 章 Protel 的 PCB 设计规则设置汇总 ..... 363
  - 11.1 电气设计规则 (Electrical) ..... 364
  - 11.2 布线设计规则 (Routing) ..... 370
  - 11.3 表面贴装设计规则 (SMT) ..... 374
  - 11.4 阻焊层设计规则 (Mask) ..... 375
  - 11.5 覆铜和内电层设计规则 (Plane) ..... 376
  - 11.6 测试点设计规则 (TestPoint) ..... 377
  - 11.7 影响电路板制作的设计规则 (Manufacturing) ..... 379

11.8	高频电路相关的设计规则 (High Speed) .....	381
11.9	有关元件布局的设计规则 (Placement) .....	383
11.10	有关信号完整性分析的设计规则 (Signal Integrity) .....	385
<b>第 12 章</b>	<b>Protel 系统特殊配置操作</b> .....	<b>391</b>
12.1	EDA 服务管理 .....	391
12.2	系统个性定制 .....	393
12.3	系统资源的定制 .....	396
12.4	运行服务程序 .....	402
12.5	设计版本控制 .....	402
<b>附录 A</b>	<b>设计 FAQ</b> .....	<b>405</b>
A.1	一种在 Word 文档中插入 Protel 图形的方法 .....	405
A.2	如何解决 Protel 99 SE 中对话框功能菜单显示不全问题 .....	406
A.3	解决 Protel 99 SE 中文件打开菜单项不显示的问题 .....	407
A.4	如何对 Protel 文件进行“瘦身” .....	407
A.5	Protel 调用 EWB 网络表的电路布线实现方法 .....	409
A.6	如何计算印制电路板载流能力 .....	412
A.7	如何解决 Protel DXP 不能在中文 Windows 2000/XP 系统下正确安装 .....	413
A.8	如何在 Protel 99 SE/DXP 中为 PCB 中添加汉字标注 .....	413
A.8.1	Protel 99 SE 中的添加方法 .....	414
A.8.2	Protel DXP 中的添加方法 .....	416
A.9	如何在 PCB 设计中合理设置焊盘的内孔孔径和焊盘直径 .....	417
A.10	如何在 Protel 99 SE 中使用 Protel DXP 的设计库 .....	417
A.11	如何在 Protel DXP 中打开 Protel 99 SE 版本设计文档 .....	418
A.12	如何在 Protel 99 SE 中打开 Protel DXP 版本设计文档 .....	419
A.12.1	利用 Orcad 文件格式进行导入 .....	420
A.12.2	将 Protel DXP 中的所有设计文件分别另存为 Protel 99 SE 兼容格式 .....	421

# 绪论 电路设计方法与工具

随着微电子技术和计算机技术的不断发展，电路设计自动化（EDA）技术广泛地应用于通信、家电、汽车、航天、仪器仪表等领域。常用的 EDA 工具有 Protel、OrCAD、PSPICE、PADS\_PowerPCB、Allegro 等。如何更好地运用 EDA 工具快速、高效、准确地完成电子电路的设计工作已成为大家重视的问题。

## I 基本设计方法

迄今为止，EDA 技术的发展主要分为物理级设计（CAD）、电路级设计（CAE）和系统级设计（ESDA）三个阶段，物理级设计主要是指 IC 版图设计，由半导体厂商进行，所以这里主要介绍电路级设计和系统级设计方法。

### I.1 电路级设计

电路级设计工作流程如图 1 所示，电子工程师接受系统设计任务后，首先确定设计方案，根据方案选取合适的元器件，再根据具体的元器件性能参数设计电路原理图。接着进行诸如数字电路的逻辑模拟、故障分析，模拟电路的交直流分析、瞬态分析的仿真，检验设计方案在功能方面的正确性。仿真通过后，根据电路原理图产生的网络列表文件进行 PCB 板的自动布局布线。在制作 PCB 板之前还可以进行后分析，包括热分析、噪声及串扰分析、电磁兼容分析、可靠性分析等，并将分析后的结果参数反标回电路原理图中，再进行第二次仿真，也称为后仿真，以检验 PCB 板在实际工作环境中的可行性。

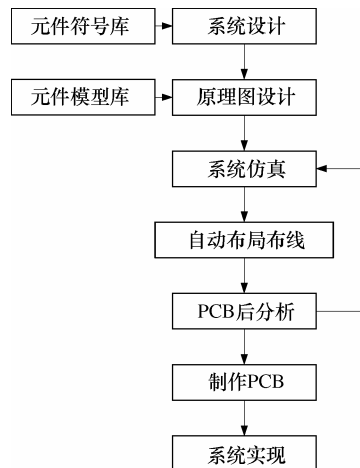


图 1 电路级设计工作流程

## I.2 系统级设计

随着产品复杂程度的提高以及产品开发周期的缩短，原有的基于门级的电路设计方法已不能适应开发的需要，为此引入了一种高层次的电路设计方法，即系统级的设计方法，其基本工作流程如图 2 所示。

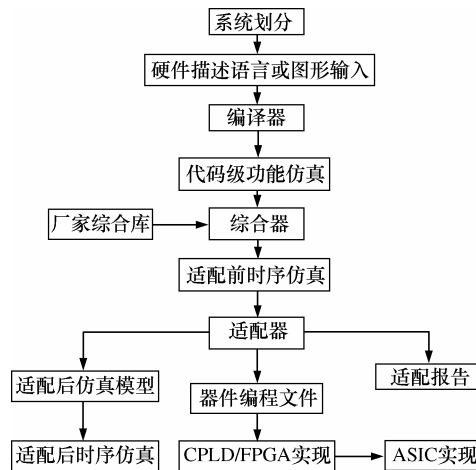


图 2 系统级设计工作流程

高层次设计为一种“概念驱动”式设计，设计人员无需针对门级，而是针对设计目标进行功能描述，摆脱了传统电路细节的束缚，可把精力集中于创造性的方案与概念构思上，一旦这些概念构思以高层次描述的形式输入计算机后，EDA 系统就能以规则驱动的方式自动完成整个设计。这样，新的概念得以迅速而有效地成为产品，大大缩短了产品的研制周期。

不仅如此，高层次设计只是定义系统的行为特性，可以不涉及实现工艺，在厂家综合库的支持下，利用综合优化工具可以将高层次描述转换成为针对某种工艺优化的网表，使工艺转化变得更简单容易。

首先按照“自顶向下”的设计方法进行系统划分，然后输入如 VHDL、Verilog HDL 等硬件描述语言代码或直接使用电路原理图形式输入，接着对设计进行编译仿真和验证，确定设计的正确性，验证完毕后再利用综合器在厂家综合库支持下对设计进行综合优化处理，生成门级描述的网络列表文件，再利用适配器将综合后的网络列表文件针对某一具体的目标器件进行逻辑映射操作，包括底层器件配置、逻辑分割、逻辑优化、布局布线。适配完成后，产生适配报告、适配后的仿真模型及器件编程文件，根据适配后的仿真模型，可以再次进行适配后的时序仿真，反复修改，直至满足设计要求。完成以上步骤后就可将适配器产生的器件编程文件通过编程器或下载电缆载入到目标芯片 FPGA 或 CPLD 中。

## II Protel 软件概述

下面在开始利用 Protel 进行实例设计前，首先针对 Protel 软件的功能特点做一个总体介

绍。本书以 Protel DXP 版本为主进行电路设计讲解，并穿插 99 SE 版本的操作要点，对于两个版本中一些差别较大的操作则给予详细的对比讨论。

## II.1 Protel 电路原理图设计和 PCB 设计流程

一般来说，电路设计主要有两个过程：电路原理图的设计和 PCB（印制线路板）设计。

### II.1.1 电路原理图设计流程

电路原理图的设计主要包括两个方面的内容：电路原理图元件类型设计和电路原理图的绘制。

#### 1. 电路原理图元件类型的设计流程

(1) 收集和查阅设计中所使用的元件类型的数据手册文件，确定各元件类型的 PCB 封装类型、元件引脚定义和引脚电气特性信息。

(2) 根据元器件相关参数信息绘制电路原理图电气符号（元件符号）。在绘制元件符号时需根据实际元器件的各引脚功能定义，将具有相同属性功能的引脚（如数据、地址、功能引脚）分组排列，以保证在电路原理图绘制时导线连接的整洁和直观。

(3) 通过元件类型检查验证工具，检查所设计的元件符号是否符合元件符号设计规则和电气设计规则要求，如有错误，则通过错误提示，查找错误并对其进行纠正。

(4) 保存所设计的元件类型。

#### 2. 电路原理图的绘制流程

(1) 电路功能模块划分。根据电路功能的要求，划分不同的功能模块，以确定电路原理图绘制时图纸版面的安排；分析是否需要采用层次电路原理图设计，若采用层次电路原理图设计所需要的层次深度，最终的目的是使整个设计看起来层次分明，结构清晰。

(2) 添加元件类型符号和导线连接。功能模块划分完成后，就可根据不同的功能模块逐一添加摆放元件符号，然后调整各元件符号的位置，摆放好后再进行元件符号引脚的电气连线，连线的同时可根据需要随时调整元件符号的摆放方式，以使走线更加合理。

(3) 添加网络标签和 I/O 端口符号。在电路原理图设计中，为了整个图纸的整洁和可读性，通常使用网络标签来代替两个引脚之间的直接导线连接，在添加网络标签时需要注意的是必须遵守网络标签的命名格式、保证在有连接关系的连接点添加的网络标签名称相同，具有不同连接关系的连接点的网络标签的名称不能重复。

(4) 设计检查。导线连接绘制完成后，需对每个元件符号的编号进行逐一核实，即不能出现两个不同元件符号使用相同的元件编号的情况。一个好的做法是添加元件符号时不指定元件编号，在元件符号添加完成后再使用 Protel 工具的自动编号功能一次性完成对整个设计的元件编号操作。

(5) 电气规则检验。主要是根据设定的电气规则检查所绘制的电路原理图是否完全符合基本的电气连线要求，如是否有连线遗漏、统一网络的名称是否完整单一等。

(6) 添加元件封装类型信息。电路原理图绘制完成后，还有一个重要的工作就是为每一

个元件符号添加元件 PCB 封装信息。电路原理图表达了电路原理图中各元件符号引脚间的连接关系，元件符号可根据绘图的需要任意调整形状和引脚位置，但要做成真正的 PCB 板，还需要为每一个元件符号指定元件 PCB 封装信息。元件 PCB 封装对应了实际芯片的形状大小、在板子上的机械空间尺寸和实际的引脚安装位置等信息。每个元件的 PCB 封装是单一的，它和实际的器件形状尺寸一一对应，所以要严格遵守实际芯片的形状、尺寸和引脚位置对应关系。基本元件符号的 PCB 封装可以在标准封装库里找到，但一些非标准的或不常见的元件类型的元件 PCB 封装则需要利用 Protel 提供的元件 PCB 封装设计环境进行创建。指定和创建元件符号 PCB 封装类型时，需要注意的是，一定要耐心细致，准确无误，否则制成的 PCB 板将因封装信息不正确，而导致实际元件不能正确安装到 PCB 板上，影响电路板的正常使用。

(7) 生成网络列表。再次检查和校对电路原理图的正确性，确认无误后即可为绘制完成的电路原理图生成网络报表信息，为下一步的 PCB 设计做好准备。

### II.1.2 PCB 设计流程

PCB（印制线路板）设计与电路原理图设计稍有不同，印制线路板属于比较实体化的东西，而电路原理图属于比较抽象化的东西。所以，在设计电路原理图时，比较着重于电路的电气性质。而在设计印制线路板时，比较着重于电路的实际尺寸与空间配置。具体操作流程如图 3 所示。

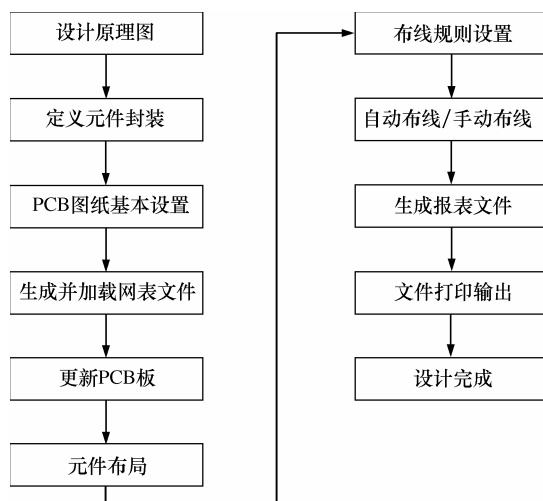


图 3 Protel 印制线路板设计流程

(1) PCB 图纸基本设置。进入 PCB 设计的第一步是，根据所设计的项目确定将要设计的 PCB 板的尺寸、形状、安装方式及 PCB 板的工作层数量。这一步需要综合考虑各方面因素，以达到系统最佳工作性能为目的。

(2) 加载网络列表信息。通过加载在电路原理图中生成的网络列表文件，将电路原理图中的信息传输到 PCB 设计中，如果加载有错误发生，则需要修改电路原理图中的元件符号与元件封装间的对应关系，直到成功导入为止。

(3) PCB 元件布局。所有的元件 PCB 封装被正确导入到 PCB 设计文件后，接下来需要做的工作是对所有的元件 PCB 封装按照一定的规则和要求进行布局，布局有自动布局和手动