



高等学校电子信息类“十二五”规划教材

Altium Designer 原理图与PCB设计制作

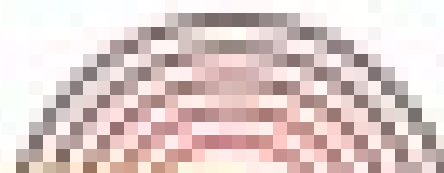
赵毓林 张磊邦 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



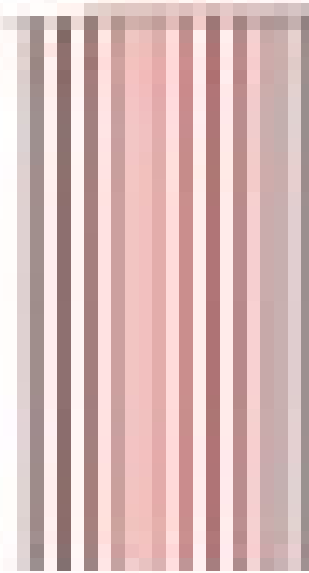
中国美术学院美术考级教材 “十二岁” 素描分册



Altium Designer

原理图与PCB设计制作

中国美术学院美术考级教材 “十二岁” 素描分册



中国美术学院美术考级教材 “十二岁” 素描分册

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

Altium Designer 原理图与 PCB 设计制作

赵毓林 张磊邦 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了 Altium Designer 的功能和面向实际应用的操作技巧。本书最大特点是插入了许多实物图片和操作步骤图,方便了读者直观理解认识,起到了理论与实践方面的操作训练作用。在讲解基本知识的同时,配以多种形式的案例进行说明,实现了零基础入门到精通 PCB(印制电路板, Printed Circuit Board)设计理念。本书内容包括 Altium Designer 的简介与安装、Altium Designer 的编译环境与软件设置、电路原理图设计、PCB 电子元器件设计基础知识、PCB 设计基础知识、PCB 布局与布线设计、PCB 库文件的设计、PCB 电路优化设计、电路的层次化设计、印制电路板制作技术、PCB 设计综合案例等,并在各章配备了课堂练习。

本书可作为各大中专院校相关专业和培训班的教材,也可作为电子信息工程、电子信息科学与技术、通信工程、自动化、电气控制类专业课程教材及电子工程技术人员、电子爱好者、自学人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 原理图与 PCB 设计制作/赵毓林,张磊邦编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2015.5

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3516-3

I. ① A… II. ① 赵… ② 张… III. ① 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教材 IV. ① TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 002471 号

策 划 毛红兵

责任编辑 阎 彬 张 蕊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8242885 8201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfbx@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西大江印务有限公司

版 次 2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 15.5

字 数 365千字

印 数 1~2000册

定 价 30.00元

ISBN 978-7-5606-3516-3/TN

XDUP 3808001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前言

Altium 公司作为全球最知名的电子设计软件生产企业,在电子设计领域和电子设计工具方面一直引导最新潮流。其新一代电子设计软件 Altium Designer 不仅延续了 Protel 强大的 PCB 设计功能,同时也提供了完善高效的 EDA(电子设计自动化, Electronic Design Automation)开发功能。该软件提供了解决布线难题的新工具,并提供了高级的电子元器件库管理工具、强大的电路仿真功能、高效的电子设计操作技巧等。Altium Designer 将多类设计进行了创造性的融合,将不同企业的 FPGA(现场可编程门阵列, Field Programmable Gate Array)开发环境进行了统一,还将 PCB、EDA 系统设计、IP(网络之间互联协议, Internet Protocol)软核工程设计操作流程进行了统一,为每一位电子设计师提供了简单易用的设计技术和最佳的解决方案,最大限度地提高了电子系统设计效率。

在电子技术日新月异发展的今天,电子产品的设计制作对于产品的成本和上市时间的要求越来越高。以往分散的、拼凑起来的各种单点式电子设计工具已无法满足现代电子制作的需要,电子设计师的设计理念也不再仅仅停留在独立的电子元器件和电子电路上,创新需要改变传统的理念,因此,作为电子设计师也应该懂得电子设计与产品开发的系统流程设计,将 Altium Designer 软件看作是整个电子产品设计的基础核心、电子设计一体化的开发平台。Altium Designer 软件的设计全程可靠,加之流畅的数据分析与衔接,在很大程度上帮助了设计师们从容创新,在提高设计效率的同时,还有机会充分发挥设计师的潜能。

本书采用基础知识、电路设计实例和效果图相结合的方式详细地介绍了 Altium Designer 的基本功能和 PCB 设计技巧,用通俗的语言把作者多年来的实践经验融入书中,遵循了理论、实践相结合,动手、动脑相得益彰的理念。书中每个案例都非常典型,让读者能领略到在理论知识的指导下学重点、重操作的学习方法。本书除了介绍 PCB 相关设计外,还着重强调了电子元器件的基本概念和 PCB 实践制作的方式方法,通过综合案例和课后练习不断加深所学知识,提高设计能力与创新思维能力,最终达到学以致用目的。书中给出的部分电路图因绘图软件的原因,不符合国标,特在此说明。

全书共分为 11 章,各章内容如下:

第 1 章:对 Altium Designer 软件、安装方法进行了简单介绍,着重强调了印制电路板的设计流程。

第 2 章:重点介绍了 Altium Designer 的 6 大编译环境和设计软件的预备知识。

第 3 章:此章节分为两大部分进行介绍,第一部分介绍了电路原理图设计的基本知识、电子元器件的放置、连接、项目的编译和规则的设置;第二部分则介绍了原理图库文件的相关操作。

第 4 章:介绍了 PCB 电子元器件设计的一些基础知识,包括 PCB 的具体含义、层的

概念、电子元器件封装、导线和焊盘的类型等。

第5章：介绍了PCB编译环境下的基本知识，包括菜单栏介绍、文件建立、电路板外观规划、原理图向PCB文件的转换。

第6章：本章重点介绍了PCB布局与布线设计的方法与技巧。

第7章：介绍了PCB库文件的绘制方法和注意事项，通过实践案例更加透明地向读者阐述相关设计规则。

第8章：本章重点讲解PCB电路板的优化设计，包括添加泪滴、如何利用文本工具、增设焊盘、添加测试点、批量修改电子元器件和铺铜等优化方法。

第9章：本章介绍了PCB设计中的一种重要设计方法——层次化。

第10章：本章重点介绍了印制电路板制作前需要的准备工作、印制电路板的发展趋势、印制电路板制作设备解决方案、制作印制电路板的多种方法与制作基本流程。

第11章：本章通过两个综合案例具体讲解整个PCB设计过程到最终制作过程，加深读者的设计思想和发掘创新理念。

本书利用“系统的讲解、全面的软件运用”剖析了Altium Designer的功能和面向实际应用的操作技巧，运用多种方式方法实现系统电路的设计。在讲解基本知识的同时，配以多种形式的案例进行说明，强调了理论与实践的结合，深刻诠释了零基础入门到精通PCB设计的理念。通过本书的学习与实用方面的操作技能训练，读者可以充分地掌握Altium Designer电路板的基础设计，为高端电子设计制作打下坚实基础。

为方便教师教学和读者自学，本书所有章节案例和课堂练习及相关素材、源文件、报表等均可通过邮件向作者索取。邮箱1: a684856111@126.com; 邮箱2: 1206097683@qq.com。

由于时间仓促，再加上作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者不吝指正。

编者

2015年2月



第 1 章 Altium Designer 的简介与安装..1

1.1 Altium Designer 介绍	1
1.1.1 Altium Designer 的历史	1
1.1.2 Altium Designer 的优点	2
1.2 Altium Designer 的安装	3
1.2.1 对硬件的需求	3
1.2.2 Altium Designer 安装	3
1.3 汉化 Altium Designer 操作环境	6
1.4 PCB 设计的工作流程概论	8
1.4.1 方案分析	8
1.4.2 电路仿真	8
1.4.3 设计原理图库文件	8
1.4.4 绘制原理图	8
1.4.5 设计电子元器件封装	9
1.4.6 设计 PCB 板	9
1.4.7 文档整理	9

第 2 章 Altium Designer 的编译环境与 软件设置 10 |

2.1 原理图编译环境	10
2.2 PCB 编译环境	11
2.3 原理图库文件编译环境	11
2.4 PCB 封装库文件编译环境	12
2.5 PCB 3D 库编译环境	12
2.6 集成库	13
2.7 Altium Designer 预备知识	14
2.7.1 设计参数	14
2.7.2 【Tab】键的应用	16
2.7.3 原理图布线	16
2.7.4 原理图电子元器件编号	17
2.7.5 电子元器件放置	17
2.7.6 电子元器件的创建与封装	17

2.7.7 电路图的层次化	18
2.7.8 电子元器件引脚标识查询	18
2.7.9 报表	19

第 3 章 电路原理图设计 20 |

3.1 原理图设计简述	20
3.2 创建原理图文件	20
3.3 原理图编译环境	22
3.3.1 主菜单	22
3.3.2 工具栏	22
3.3.3 原理图图纸设置	27
3.3.4 电子元器件库的操作	34
3.4 对电子元器件的操作	36
3.4.1 电子元器件的放置与删除	36
3.4.2 编辑电子元器件的属性	37
3.4.3 调整电子元器件的位置	39
3.5 电子元器件的电气连接	40
3.5.1 导线连接	40
3.5.2 总线连接	41
3.5.3 放置电气节点	42
3.5.4 放置网络标号	42
3.5.5 放置忽略电器规则检查符号	44
3.5.6 放置 PCB 布线标志	44
3.5.7 智能粘贴	45
3.6 编译项目及查错	46
3.7 生成原理图网络表文件	46
3.8 报表生成	46
3.9 小试牛刀	46
3.9.1 直流稳压电源设计	47
3.9.2 信号发生器设计	49
3.10 原理图库文件简介	51
3.10.1 库文件编译环境介绍	51

3.10.2 工具条介绍	54
3.11 电子元器件的绘制	55
3.12 库文件输出报表	60
第4章 PCB 电子元器件设计	
基础知识	62
4.1 印制电路板的构成	62
4.2 层的概念	63
4.3 电子元器件封装	66
4.3.1 封装类型	66
4.3.2 常用封装	67
4.4 导线、焊盘	75
4.4.1 导线	75
4.4.2 焊盘	76
第5章 PCB 设计基础知识	78
5.1 PCB 设计环境	78
5.1.1 菜单栏	79
5.1.2 工具栏	79
5.1.3 PCB 编辑窗口	80
5.2 PCB 文件的创建	80
5.2.1 使用向导创建 PCB 文件	80
5.2.2 自行创建 PCB 文件	84
5.3 电路板设计规划	84
5.3.1 重新定义板子形状	84
5.3.2 依照选择对象定义	86
5.4 网格设计	87
5.5 原理图向 PCB 转换	88
5.5.1 转换初始工作	88
5.5.2 原理图向 PCB 的转换	88
5.5.3 飞线	90
5.6 小试牛刀	90
第6章 PCB 布局与布线设计	93
6.1 手动布局	93
6.2 自动布局	97
6.2.1 布局规则介绍	97
6.2.2 电子元器件自动布局	98
6.3 三维预览	101
6.4 手动布线	102
6.5 自动布线	105
6.6 PCB 布线技巧	111

第7章 PCB 库文件的设计	113
7.1 手工封装设计	113
7.1.1 8-Pin MOSP 手动绘制	113
7.1.2 碳膜电位器 R2410NSXB1	116
7.1.3 散热器封装	118
7.1.4 SMT 贴片 0805 封装绘制	119
7.2 利用封装向导绘制电子元器件封装图	121
第8章 PCB 电路优化设计	124
8.1 DRC 检查	124
8.2 利用端口和文本框工具优化电路	126
8.3 添加测试点	129
8.3.1 测试点规则	129
8.3.2 自动搜索并创建合适的测试点	131
8.4 加泪滴	132
8.5 批量更改	133
8.6 增设电子元器件、焊盘	135
8.7 铺铜	136
第9章 电路的层次化设计	140
9.1 自上而下的层次化电路设计	140
9.1.1 将电路划分为多个电路功能模块	140
9.1.2 创建工程	141
9.1.3 主(顶层)原理图绘制	141
9.1.4 连线	142
9.1.5 在子电路模块中输入电路原理图	143
9.1.6 使用网络表查看网络连接	145
9.2 自下而上的层次化电路设计	145
9.2.1 创建项目	146
9.2.2 连线	148
9.3 层次设计电路的特点	148
9.4 层次化原理图之间的切换	148
9.4.1 从顶层切换到子图层	148
9.4.2 从子图层切换到顶层	149
9.5 PCB 电路转换	150
9.6 PCB 图纸打印软件设置	153
9.7 打印案例分析(一)	154
9.8 打印案例分析(二)	159

第 10 章 印制电路板制作技术	164	10.6.4 环保与高性能电路板	204
10.1 设计印制电路板基础	164	10.6.5 特殊电路板	205
10.1.1 印制电路板的材料及分类	165	10.7 印制电路板制作设备解决方案	208
10.1.2 设计印制电路板前的准备工作	166	10.7.1 实验室解决方案	208
10.2 印制电路板的排版布局设计	174	10.7.2 PCB 线路板雕刻机解决方案	212
10.2.1 印制电路板的排版布局	174	10.7.3 多功能环保 PCB 快速制板系统	213
10.2.2 印制电路板干扰的产生及抑制	176	10.7.4 小型工业 PCB 制作解决方案	213
10.2.3 电子元器件排列安装定位方式	179	第 11 章 PCB 设计综合案例	217
10.2.4 焊盘及孔的设计	183	11.1 PIC 单片机小规模开发板的设计	217
10.2.5 印制导线设计	185	11.1.1 PIC 单片机小规模开发板介绍	217
10.3 印制电路板设计文件与制板工艺文件	187	11.1.2 PIC 单片机小规模开发板 原理图绘制	217
10.4 印制电路板制造工艺简介	191	11.1.3 PIC 单片机小模块开发板 PCB 设计	220
10.4.1 印制电路板生产制造过程	192	11.2 射频宽带放大器 PCB 设计	221
10.4.2 印制电路板生产工艺	196	11.2.1 原理图设计	222
10.5 手工自制印制电路板的几种方法	197	11.2.2 PCB 电路规划	222
10.5.1 漆图法	198	11.3 多通道案例分析讲解	224
10.5.2 贴图法	199	附录	233
10.5.3 铜箔粘贴法	199	附录 A 常用电子元器件标识及常用库	233
10.5.4 刀刻法	199	附录 B 电子元器件布局参考	234
10.6 现代印制电路板制板技术简介	200	附录 C 附图	235
10.6.1 概述	200	参考文献	240
10.6.2 计算机辅助设计	201		
10.6.3 印制电路板技术的发展趋势	202		

第1章 Altium Designer 的简介与安装

[本章学习要点]

- (1) 了解 Altium Designer 的背景。
- (2) 了解 Altium Designer 的优缺点。
- (3) 重点掌握 Altium Designer 的安装、汉化过程设置。
- (4) 熟悉各个编译环境。
- (5) 了解软件基本参数。
- (6) 掌握 PCB 制作流程。

1.1 Altium Designer 介绍

Altium Designer 在业界首次提供了一体化电子产品设计解决方案, 它将设计流程、集成化 PCB 设计、可编程电子元器件(如 FPGA 等)设计和基于处理器的嵌入式软件开发功能整合在一起, 是一种能同时进行原理图、PCB 和 FPGA 嵌入式设计的设计工具, 具有将设计方案从概念转变为最终产品所需要的全部功能。本书重点叙述编辑、设计电路原理图与 PCB 电路图的方法。

1.1.1 Altium Designer 的历史

- (1) 1985 年, DOS 版 Protel 诞生。
- (2) 1991 年, Protel for Windows 推出。
- (3) 1998 年, 在 Protel 98 中推出了第一个包含 5 个核心模块的 EDA 工具, 给设计者带来了全新的设计感觉。
- (4) 1999 年, 在 Protel 99 中推出了一个既有原理图逻辑功能验证的混合信号仿真, 又有 PCB 信号完整性分析的板级仿真软件, 构成从电路设计到真实板分析的完整体系。
- (5) 2000 年, Protel 99se 性能进一步提高, 可以对设计过程有更大控制力。
- (6) 2002 年, Protel DXP 集成了更多工具, 使用方便, 功能更强大。
- (7) 2003 年, Protel 2004 对 DXP 进行完善。
- (8) 2006 年, Altium Designer 6.0 集成了更多工具, 使用方便, 功能更强大, 特别在

PCB 设计方面性能大大提高。

(9) 从 Altium Designer 7.0 开始转变版本号, 不再采用以前的编号形式, 而采用 Altium Designer Summer 08 (7.0)、Altium Designer Winter 09、Altium Designer Summer 09, 如今已发展到 Altium Designer 14。

在不同的操作系统中所安装的 Altium Designer 界面不一, 不同版本的界面也稍有差异, 但其电路板设计等操作都大同小异。本书以目前使用性最好的 Altium Designer 6.9 版为平台进行讲解。

1.1.2 Altium Designer 的优点

Altium Designer 是 Protel 的升级版, 同时又具有了如下新的功能:

(1) 集成了多元素的电路原理图与 PCB 设计功能。Altium Designer 拓宽了板级设计的传统界限, 全面集成了 FPGA 设计功能和 SOPC(System on Programmable Chip)设计实现功能, 从而允许设计师将系统设计中的 FPGA 与 PCB 设计以及嵌入式设计集成在一起。

(2) 提供布线的新工具。在绘制 PCB 电路板时电子元器件的布局、布线环节尤为重要, 在布线的同时需将信号的完整性分析工具、阻抗控制交互式布线、差分信号对和交互长度调节等协调一致, 方能确保信号同步到达。此时通过软件提供的(Auto)自动布线、BGA 扇出逃逸布线等操作可以轻松完成。

(3) 多类型的原理图设计。在原理图部分, 新增加“灵巧粘贴”功能, 可以将不同的对象拷贝到原理图当中, 比如一些网络标号, 一页图纸的 BOM(物料清单, Bill of Material)表, 都可以拷贝粘贴到原理图当中; 还增加了原理图文件切片、多个电子元器件集体操作、文本框的直接编辑、箭头的添加、电子元器件精确移动、总线走线、自动网标选择等; 还包括前端多层次、多通道的原理图输入、VHDL(Very-High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language, 硬件描述语言)开发和功能仿真, 布线前后的信号完整性分析功能。在信号仿真部分, 提供完善的混合信号仿真, 除对 Xspice 标准的支持之外, 还支持对 Pspice(Simulation Program With Integrated Circuit Emphasis)模型和电路的仿真。为 FPGA 设计提供了丰富的 IP(互联网协议)内核, 包括各种处理器、存储器、外设、接口以及虚拟仪器。

(4) 丰富的帮助文档。Altium Designer 提供了丰富的英文帮助文档, 包含了几乎所有该软件所遇到情况的解决办法。

(5) 规范的 ERC(误差计数), DRC(设计规则检查)。

(6) 全面的原理图库、PCB 库、集成库和高级电子元器件库管理、封装管理。

(7) 多种电子元器件滤波器, 可以快捷地查找相应电子元器件和批量更改。

(8) 多种数据共享功能。Altium Designer 完全兼容 Protel 系列和以前的设计文档, 并对 99SE 下创建的 DDB(分布式数据库)和库文件的导入提供接口, 同时还支持 CAD(计算机辅助设计)等软件的设计文档和库文件的导入, 此外它还提供智能 PDF(文件格式)文档的生成和报表的产生, 利用 PDF 向导可以帮助用户把整个项目或者所选文档进行打包处理, 这样增强了工作人员的合作灵活性, 利用报表的产生则可以直观看到电子元器件的属性。

(9) 全新的界面和个性化设置。

(10) 丰富的报告功能和快捷键的支持, Altium Designer 在英文状态下每个命令前的字母都标有下划线, 利用有下划线的字母即可执行相应的功能, 可以生成多种格式的报表和电子元器件清单。

(11) 提供了全新的 2D 至 3D 视图转换, 如图 1-1 所示。

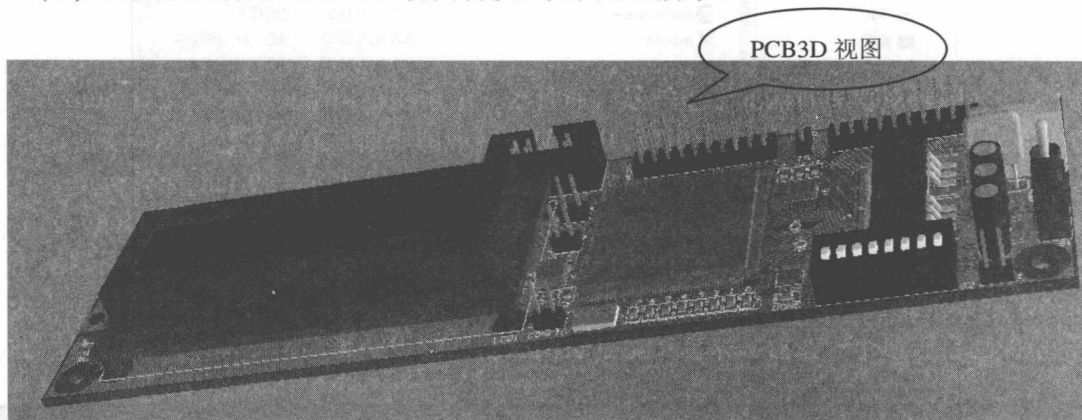


图 1-1 PCB 3D

1.2 Altium Designer 的安装

由于 Altium Designer 在 Protel 的基础上增加了许多新的功能, 因此, 它对硬件要求更高, 安装文件也变大, 安装时间也增加了, 安装后文件大小约为 1.6G。

1.2.1 对硬件的需求

Altium Designer 不支持 Windows 95、Windows 98 和 Windows ME 以及一些比较老的操作系统。本书主要讲解如何在 Windows XP/Win7 里运行 Altium Designer。

推荐的计算机最佳性能配置如下:

- (1) CPU: 英特尔酷睿 TM2 双核/四核 2.66 GHz 或更高的配置。
- (2) 内存: 2 GB 或者 2 GB 以上内存。
- (3) 硬盘: 5 GB 或者 5 GB 以上。
- (4) 显卡: 256 MB 独显或者双显卡。
- (5) 显示器: 分辨率不低于 1024 × 768 像素以上。

1.2.2 Altium Designer 安装

(1) 首先在电脑光驱中放入 CD 正版安装光盘→打开 Setup 文件(见图 1-2)→运行该文件夹里的文件 Setup.exe 即出现图 1-3 所示界面→点击【Next】。

(2) 点击接受安装并点击【Next】(见图 1-4), 如图 1-5 所示设置好后(不更改亦可)即可点击【Next】继续安装。



图 1-2 安装文件

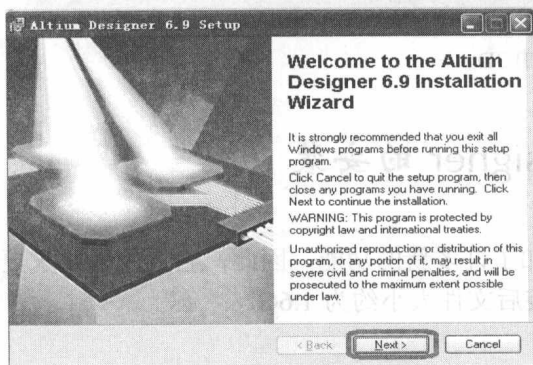


图 1-3 安装向导

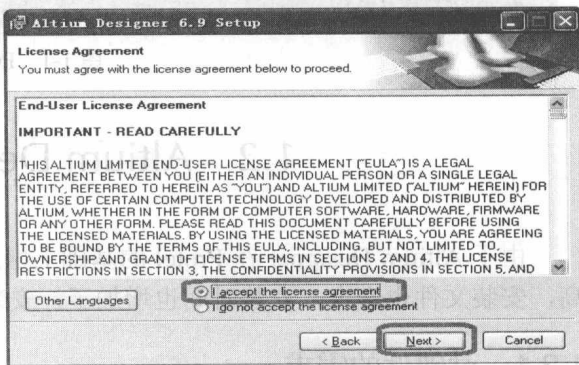


图 1-4 安装许可

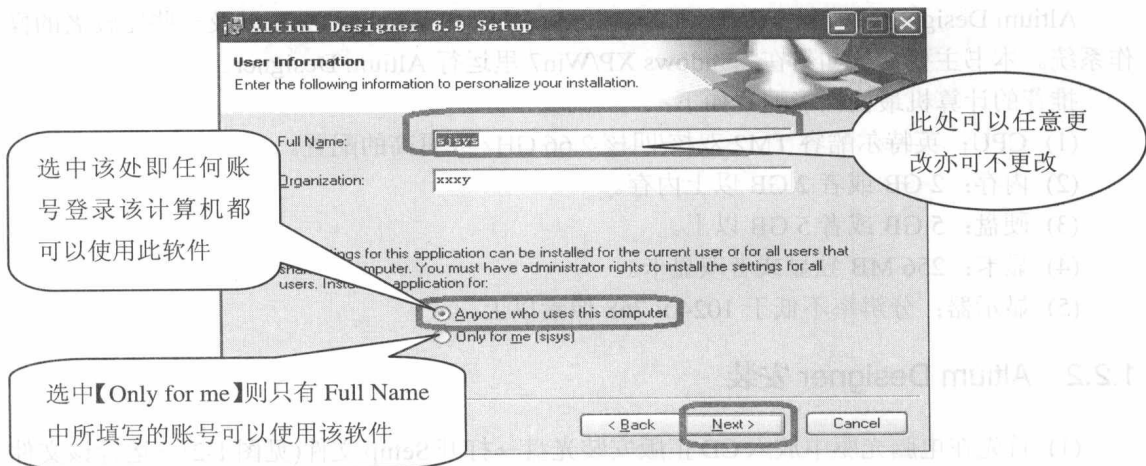


图 1-5 用户权限设置

(3) 按照上述步骤操作后界面如图 1-6 所示(本次安装在默认目录下), 设置好后点击【Next】继续安装。

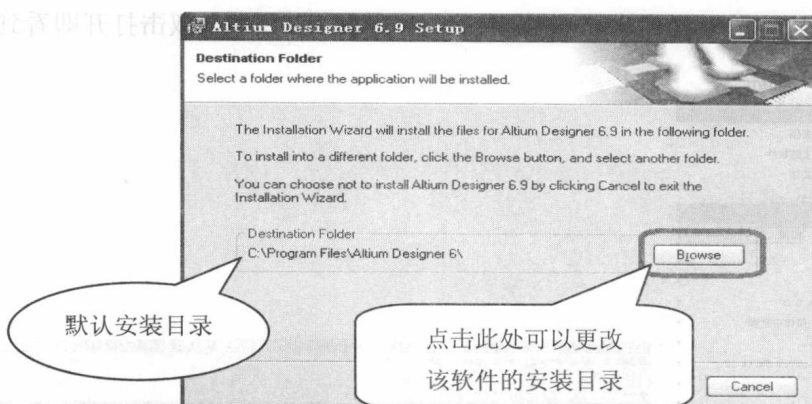


图 1-6 安装目录

(4) 在操作步骤(3)后出现如图 1-7 所示界面，因为该软件所占内存较大，所以安装大约需要 20 min。

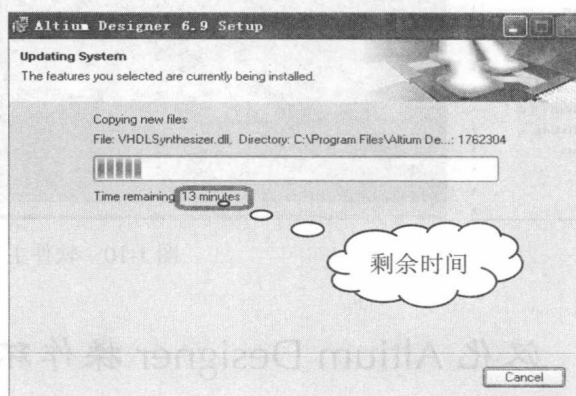


图 1-7 安装进度

注：此处不需要任何设置。

(5) 经过 20 min 后即出现如图 1-8 所示的界面，点击【Finish】即完成初步安装。

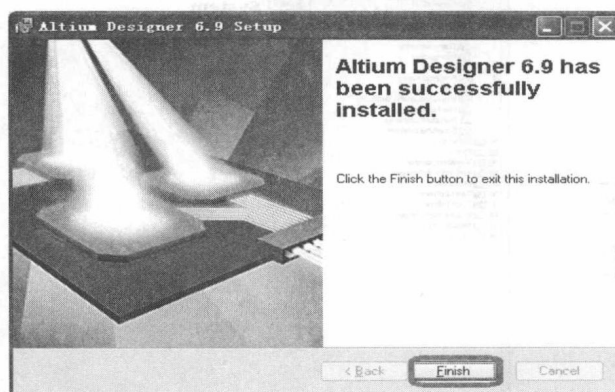


图 1-8 安装完成

(6) 完成初步安装后即可打开软件(该软件并没有在桌面产生桌面快捷方式)。该软件

的打开方式是：在开始菜单里找到 Altium Designer 6，如图 1-9 所示，双击打开即看到该软件主页，如图 1-10 所示。



图 1-9 打开方式

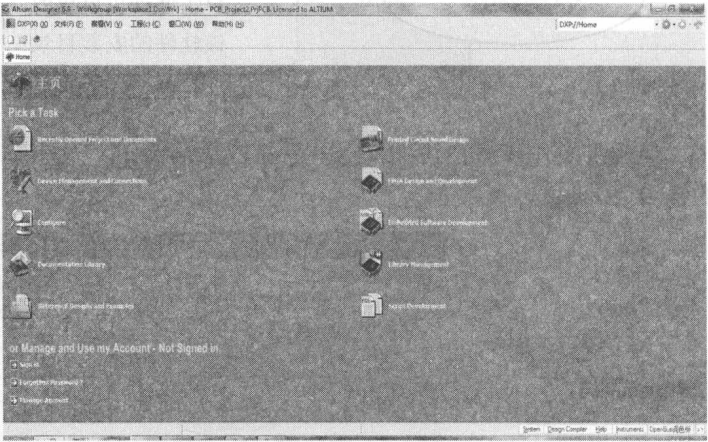


图 1-10 软件主页

1.3 汉化 Altium Designer 操作环境

(1) 打开 Altium Designer 后选中【DXP】菜单下的【Preference】(优选项)并打开，如图 1-11 和图 1-12 所示。

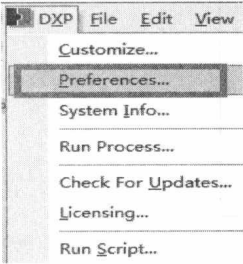


图 1-11 优选项

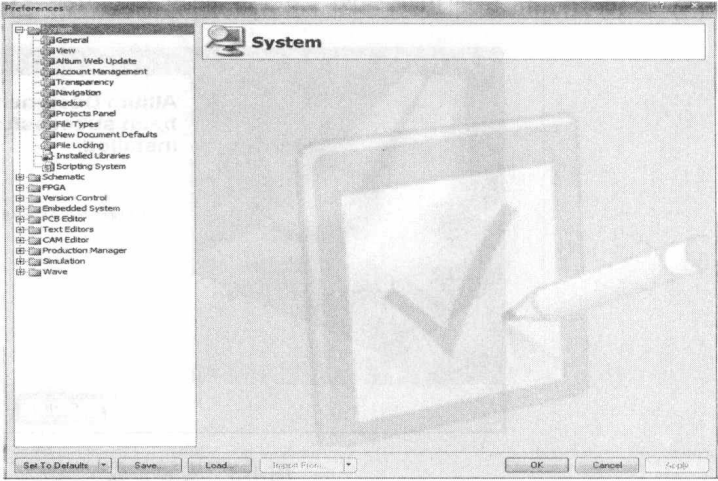


图 1-12 系统设置

(2) 选中【System】下的【General】打开后【Preference】的界面变为图 1-13。

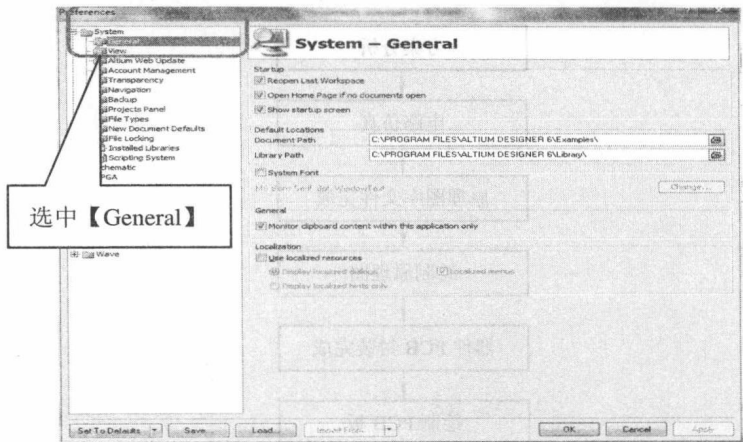


图 1-13 语音设置

(3) 在【System-General】区域下的【Localization】【Use localized resources】前面打钩即弹出如下对话框，点击按钮“OK”后再点击【Apply】，如图 1-14 所示，确认后关闭该对话框然后重启软件 Altium Designer 即可。（此处一定要重启软件）

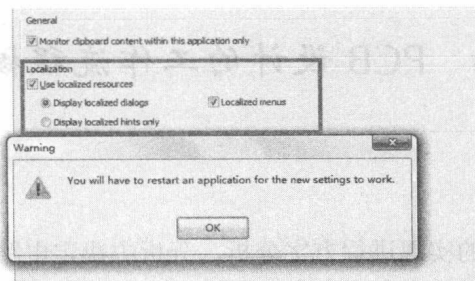


图 1-14 语言确认

(4) 重启后即可看到菜单栏中语言变为了中文，如图 1-15 所示。

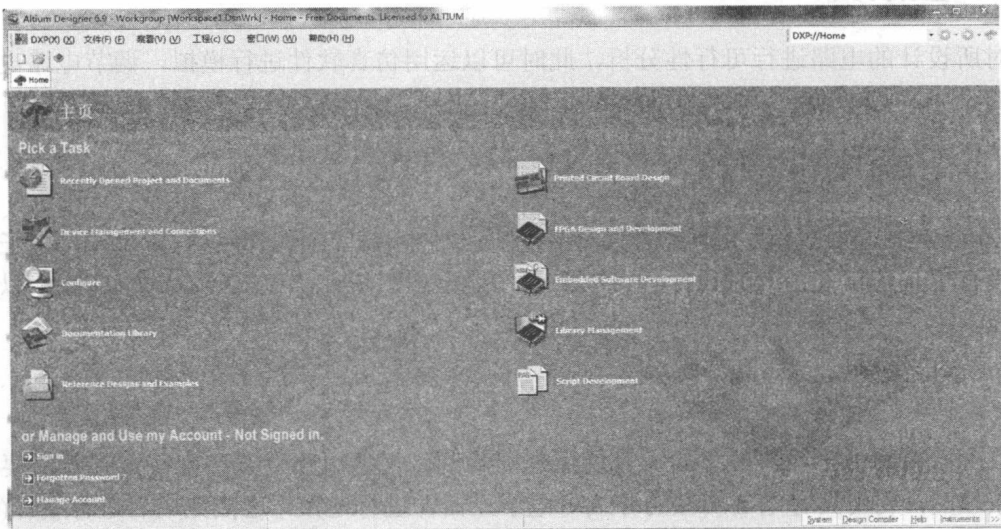


图 1-15 软件主页面

软件安装好后, 如何设计和制作 PCB 呢? 下面先来了解设计 PCB 的流程(见图 1-16)。



图 1-16 PCB 设计流程

1.4 PCB 设计的工作流程概论

1.4.1 方案分析

针对不同需求和功能的实现进行方案分析, 分析中决定电路原理图如何设计, PCB 如何绘制, 依照需求合理的设计电路, 并在多种方案中比较、选择最佳方案。

1.4.2 电路仿真

对所设计的电路进行可行性分析, 此时可以运用仿真软件进行模拟, 调节电路电子元器件的具体参数, 确定最终电子元器件选择。

1.4.3 设计原理图库文件

Altium Designer 提供了丰富的原理图电子元器件库, 但电子世界日新月异, 电子元器件库没有也是正常的, 此时设计者可以自己设计原理图组件, 建立自己的组件库, 以达到最终需求。

1.4.4 绘制原理图

依次放置好电子元器件之后, 开始原理图绘制。根据电路复杂程度决定是否需要使用层次原理图, 利用具有电器属性的导线对电子元器件进行连接, 连接完成后进行编译(编译过程即用电气法则检查错误过程), 找到出错原因并修改原理图电路, 重新编译到没有原则