

21世纪高职高专规划教材

电子信息
工学结合模式
系列教材

Altium Designer 14

电子线路板设计项目教程

彭远芳 张 静 黄晓峰 编著

清华大学出版社



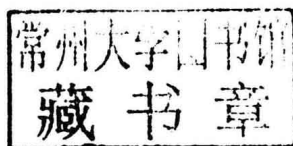
电子信息
工学结合模式
系列教材

21世纪高职高专规划教材

Altium Designer 14

电子线路板设计项目教程

彭远芳 张 静 黄晓峰 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以典型应用为主,通过项目案例详细介绍 Altium Designer 14 在集成元器件库设计、原理图绘制、PCB 设计等方面的操作方法和技巧。本书分为五个模块共 11 个项目,内容紧紧围绕集成元器件库设计、电路原理图设计、PCB 设计以及设计制造文件的输出等内容展开,按照学生认知特点从模块一(门铃电路原理图绘制与电路板设计)入手,达到快速入门的目的,在此基础上通过模块二~模块四就集成元器件库设计、电路原理图设计和 PCB 设计及设计制造文件的输出等教学内容,选取典型项目案例进行详细讲解和专项训练,最终通过模块五的两个典型综合案例,使学生从入门→专项学习→综合提高完成电子线路板设计全过程。

本书适合作为高职院校电子信息类专业“电子线路板设计”课程或“电子 CAD 实训”课程的教材,也可作为成人高校、开放大学相关专业的教材,同时也适合从事 PCB 设计的初级技术人员使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 14 电子线路板设计项目教程/彭远芳,张静,黄晓峰编著. —北京:清华大学出版社,2017

(21 世纪高职高专规划教材 电子信息工学结合模式系列教材)

ISBN 978-7-302-44159-5

I. ①A… II. ①彭… ②张… ③黄… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—高等教育—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 148565 号

责任编辑:孟毅新

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁 芳

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4278

印 装 者:三河市吉祥印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:26.25

字 数:604 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版

印 次:2017 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

产品编号:065817-01

前言

原理图绘制与 PCB 设计是高职电子信息类专业学生必备的技能,更是电子企业相关技术人员进行产品研发的必备职业技术之一。目前国内相关教材大多是采用 Altium Designer 系列软件进行原理图绘制和 PCB 设计的。随着集成电路设计、制造及封装技术的发展,表面贴装元器件 SMC/SMD 更趋微型化,在 PCB 设计中,除少数接插件和插装元器件外,SMC/SMD 广泛应用在典型 SMT 生产工艺中,如单面组装生产工艺、单面混装生产工艺、双面组装生产工艺、双面混装生产工艺,在极大地缩小 PCB 尺寸的同时,SMT 表面组装工艺对 PCB 设计也提出了更高的要求。

本书通过项目案例详细介绍 Altium Designer 14 在集成元器件库设计、原理图绘制、PCB 设计等方面的操作方法和技巧。从门铃电路原理图绘制与电路板设计入手,通过简单原理图的绘制与 PCB 设计达到快速入门的目的,在此基础上就集成元器件库设计、电路原理图设计和 PCB 设计内容进行专项讲解与训练,最终通过典型综合案例,使学生从入门到专项学习再到综合提高完成电子线路板设计全过程。每个模块包括 2~3 个项目,项目下设若干任务,形成“模块—项目—任务”三级结构,项目结束时还通过相关项目实训进一步加深对内容的理解和掌握。另外,每个项目均有课程组教师开发的相关项目案例素材以及相关操作方法与技巧的微视频,便于学生自主学习。

在项目的选取上,除以门铃电路引导学生快速入门外,其他电路均为具有一定难度的典型系统实例。本书集成元器件库的设计作为 PCB 设计的基础,设计制造文件的输出又是 PCB 设计的后处理,最后通过 2 个典型案例,使学生熟悉整个 PCB 设计完整工作过程,实现知识点的序化。本书内容以 Altium 公司 2014 年推出的全球应用电子设计认证之 PCB 绘图工程师大纲知识点为主,注重教材的实用性和技术性。例如,在进行封装绘制讲解时,对元器件资料,如外形尺寸、引脚位置排列,以及焊盘大小设置与元器件引脚信息间关系的讲解与说明作为重点;在原理图和层次原理图绘制中,除基本绘制技能外,更注重文件编译与查错纠错;而对 PCB 设计则强调布局布线规则及设置方法,并详细讲解 DRC 检查过程及修改方法;对于设计制造文件的输出,侧重于对文件归档的说明。此外,鉴于国际上通用的做法是将 PCB 文件转换为 GERBER 文件和钻孔数据后交 PCB 厂,因此对输出 GERBER 文件和钻孔文件的相关设置和方法进行详细介绍。全书所有项目案例均由课程组教师开发完成,素材齐备,每一项目均有相关的视频教程,能够为学生提供快速便利的学习资源。

本书使用的 Altium Designer 系列软件是基于相关国际标准开发的,软件中的一些电气图形符号、字母符号与我国现行国家标准不一致,为了避免混乱,保留了这些符号,未作

修改,特此说明。

本书由上海工程技术大学彭远芳、张静、黄晓峰编写,并得到了 Altium 公司华东区大学计划部经理华文龙先生的技术支持,在此表示感谢!

本书提供操作视频、相关素材及教学课件,读者可以从 <http://www.tup.com.cn> 下载。

限于编者水平,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评、指正。

编 者

2017 年 3 月

目 录

模块一 Altium Designer 14 快速入门	1
项目 1 初识 Altium Designer	1
任务 1.1 熟悉 Altium Designer 软件的基本工作界面	3
任务 1.2 创建 PCB 工程及相关设计文件	10
项目实训	14
项目 2 门铃电路设计	15
任务 2.1 门铃电路原理图的绘制	19
任务 2.2 门铃电路 PCB 的设计	40
项目实训	100
模块二 集成元器件库的设计	101
项目 3 自制原理图元器件库的设计	101
任务 3.1 六位一体数码管绘制	103
任务 3.2 AT89C51RD2 绘制	109
任务 3.3 LF353 绘制	114
项目实训	117
项目 4 自制封装元器件库的设计	118
任务 4.1 六位一体数码管封装绘制	120
任务 4.2 AT89C51RD2 封装绘制	125
任务 4.3 LF353 封装绘制	135
项目实训	142
项目 5 创建集成元器件库	144
任务 5.1 自制集成元器件库	144
任务 5.2 创建项目集成元器件库	149
项目实训	150
模块三 电路原理图设计	151
项目 6 原理图设计——单片机实验板设计	151
任务 6.1 原理图工作环境设置	151

任务 6.2	元器件库加载与管理	156
任务 6.3	元器件查找、放置与编辑	159
任务 6.4	元器件布局与布线	164
任务 6.5	原理图的编译与文件输出	187
项目实训		205
项目 7	层次原理图设计——单片机实验板设计	208
任务 7.1	自上而下层次电路原理图设计	212
任务 7.2	自下而上层次电路原理图设计	218
项目实训		223
模块四	PCB 设计	226
项目 8	单层 PCB 设计——声光控节电开关	226
任务 8.1	印制电路板的基础知识	226
任务 8.2	声光控节电开关的 PCB 设计	233
项目实训		247
项目 9	双层 PCB 设计——单片机实验板	248
任务 9.1	电路板设计的基本规则	249
任务 9.2	单片机实验板的 PCB 设计	287
任务 9.3	输出相关文件	332
项目实训		356
模块五	综合案例	357
项目 10	超声波测距电路板	357
任务 10.1	超声波测距电路原理图绘制	357
任务 10.2	超声波测距电路 PCB 设计	376
任务 10.3	超声波测距电路 PCB 输出文件	382
项目 11	模拟洗衣机电路板	387
任务 11.1	模拟洗衣机电路原理图绘制	387
任务 11.2	模拟洗衣机电路 PCB 设计	399
任务 11.3	模拟洗衣机电路 PCB 输出文件	404
项目实训		408
参考文献		413

Altium Designer 14 快速入门

项目 1 初识 Altium Designer

项目目标

- (1) 了解 Altium Designer 软件的主要功能。
- (2) 了解 Altium Designer 14 的工作界面。
- (3) 理解工程结构与文件管理的概念。

项目任务

- (1) 熟悉 Altium Designer 软件的基本工作界面。
- (2) 创建 PCB 工程及相关设计文件。

相关知识

1. Altium Designer 的发展历史

Altium Designer 软件的前身是 Protel 软件,该软件在中国拥有广泛的用户。自 1985 年诞生 DOS 版 Protel 以来,历经面向 Windows 的 Protel 1.0、Protel 98、Protel 99 至 Protel 99SE,实现了电路设计到 PCB 分析的一体化。2002 年推出的 Protel DXP 及其后的 Protel DXP 2004,使得该软件成为完整的板级电子设计系统,包含了电路原理图绘制、信号仿真、多层印制电路板设计、可编程逻辑器件设计等功能。2006 年发布的 Altium Designer 6.9,除继承先前一系列版本的功能外,全面集成了 FPGA 设计功能和 SOPC 设计实现功能,拓宽了板级设计的传统界限,允许工程师将 FPGA 与 PCB 设计及嵌入式设计集成在一起,具有 Client/Server(客户/服务器)体系结构,同时还兼容一些其他设计软件的文件格式,如 OrCAD、PSPICE、Excel 等,其多层印制线路板的自动布线可实现高密度 PCB 的 100% 布通率。2008 年相继发布 Altium Designer Summer 8.0 和 Altium Designer Winter 09,将 ECAD 和 MCAD 两种文件格式结合在一起,同时还加入了对 OrCAD 和 PowerPCB 的支持能力,为工程师带来了全面验证机械设计与电气特性关系的能力,并推出全三维 PCB 设计环境,避免出现错误和不准确的模型设计。2011 年 3 月发布 Altium Designer 10,提供了涵盖整个设计与生产生命周期的器件数据管理方案,供器件数据的搜寻与管理,确保输出到制造厂商的设计数据具有准确性和可重复性,同时结

构性的输出流程更确保了输出信息的完整性。Altium Designer 13 为设计者提供了一个强大的高集成度的板级设计发布过程,只需一键操作完成对设计和制造数据打包,从而避免了人为交互中可能出现的错误,更重要的是该系统可以被直接链接到后台版本控制系统,使得电子产品的开发与管理实现从概念和设计,经由原型和产品到折旧和废弃实现一体化电子设计解决方案。Altium Designer 14 和 Altium Designer 14.3 的相继面世更好地支持 3D 软硬复合设计,新增了以折叠状态导出刚柔结合 PCB 板 3D STEP 文件的功能,工程师能够在机械设计工具中打开折叠的刚柔结合板模型,确保在形态和装配上的准确性。此外,还可以对 PCB 进行诸如连接性检查和热流等方面的详细分析。除了加强装配变量和 3D STEP 导出方面的支持外,Altium Designer 14.3 还改善了原理图线路拖曳功能,重点解决了在提高设计效率的同时保持线路连通性的问题,包括针对线路重叠、网络标签、连接节点等处理功能的改进。本书将以 Altium Designer 14.3 版本软件为例,通过项目案例就该软件在集成元器件库操作、原理图绘制、PCB 设计,以及生成 PCB 制造与装配文件四个模块的应用进行详细介绍。

2. Altium Designer 的运行环境

Altium Designer 14 对系统要求比较高,操作系统要求 Windows 7(推荐)/Windows XP;硬件最低运行环境和推荐系统配置如下。

(1) 最低配置

- ① 1280×1080 像素分辨率显示器(要求垂直分辨率至少为 1080 像素)。
- ② 2GB 内存。
- ③ 主频 2.5GHz 以上的 Intel 处理器。
- ④ 1GB 显存,64 位独立显卡。
- ⑤ 120GB 硬盘。

(2) 推荐配置

- ① 1920×1080 像素分辨率显示器×2(双屏)。
- ② 4GB 内存。
- ③ 主频 2.5GHz 以上的 Intel 酷睿 i7 处理器。
- ④ 2GB 显存,256 位独立显卡。
- ⑤ 500GB 硬盘。

3. Altium Designer 的主要功能

Altium Designer 作为电子产品一体化综合开发平台,主要功能包括器件库设计、原理图设计、PCB 设计、FPGA 开发、嵌入式系统、混合信号仿真、信号完整性分析、数据交换接口等。本书着重讲述 Altium Designer 14.3 元器件库设计、原理图设计、PCB 设计的内容。Altium Designer 可实现的工程类型有 PCB 工程、FPGA 工程、内核工程、嵌入式工程、集成元器件库和脚本工程,如图 1-1 所示。

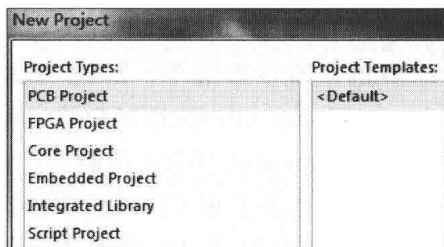


图 1-1 Altium Designer 工程类型

对应的工程类型及文件属性如表 1-1 所示。其中 PCB 工程(*.PrjPcb)用于印制电路板的设计,FPGA 工程(*.PrjFpg)用于 FPGA 设计,内核工程(*.PrjCor)用于产生 FPGA 中功能元器件的 EDIF 网表,嵌入式工程(*.PrjEmb)用于嵌入式处理器的应用程序设计,集成元器件库工程(*.LibPkg)用于生成集成库,供 PCB 工程使用,脚本工程(*.PrjScr)用于管理脚本,提高使用 Altium Designer 的效率。每种工程中都可以添加文件,常见的项目类型及文件格式如表 1-2 所示。

表 1-1 工程类型及文件属性

序号	项目类型	文件格式
1	PCB Project(PCB 工程文件)	*.PrjPcb
2	FPGA Project(FPGA 工程文件)	*.PrjFpg
3	Core Project(内核工程文件)	*.PrjCor
4	Embedded Project(嵌入式工程文件)	*.PrjEmb
5	Integrated Library(集成元器件库工程文件)	*.LibPkg
6	Script Project(脚本工程文件)	*.PrjScr

表 1-2 工程类型及文件格式

序号	设计文件	文件格式
1	原理图文件	*.SchDoc
2	PCB 文件	*.PcbDoc
3	原理图元器件符号库文件	*.SchLib
4	PCB 元器件封装库文件	*.PcbLib
5	VHDL 语言文件	*.Vhd
6	VHDL TestBench 文件	*.VHDTST
7	VHDL 库文件	*.VHDL
8	C 语言源文件	*.C
9	网络表文件	*.NET
10	文本文件	*.Txt
11	项目输出文件	*.OutJob
12	计算机辅助制造文件	*.CAM
13	信号完整性模型库文件	*.Lib
14	仿真的波形文件	*.Sdf

还有一些文件格式是通过 Altium Designer 软件运行一些程序产生的,如 BOM 表等报告文件,可以生成 XLS 的文件类型,由 Excel 工具软件打开编辑。此外,Altium Designer 软件还支持许多第三方软件的文件格式,用户可以执行 File|Import 命令来进行外部文件的交换。

任务 1.1 熟悉 Altium Designer 软件的基本工作界面

任务目标

- (1) 了解 Altium Designer 的系统界面。
- (2) 了解 Altium Designer 主菜单。

(3) 了解工作面板的三种显示状态。

任务内容

- (1) 查看 Altium Designer 的系统界面。
- (2) 查看并了解 Altium Designer 的主菜单。
- (3) 查看工作面板的三种显示状态。

相关知识

启动 Altium Designer 14 软件,出现如图 1-2 所示的基本工作界面,由主菜单栏、导航栏、工具栏、工作区面板(包括标签式面板、弹出式面板、面板标签、面板控制栏)组成。



图 1-2 Altium Designer 软件的基本工作界面

以下对主菜单栏、工具栏、工作区面板做简要介绍。

1. Altium Designer 主菜单

Altium Designer 14.3 主菜单包括 DXP(系统菜单)、File(文件菜单)、View(查看菜单)、Project(工程菜单)、Window(窗口菜单)和 Help(帮助菜单)。

(1) DXP(系统菜单)

DXP 菜单主要用于系统参数设置,如图 1-3 所示,用户可以访问和修改工作环境参数,还可以访问序列号和服务器信息等。其中较常用的设置选项包括 My Account、Customize 和 Preferences。

① My Account: 主要用于访问序列号和查询服务器信息等。

② Customize: 用于自定义用户界面,如修改、删除菜单(选项),创建或修改快捷键。

③ Preferences: 用于设置系统工作环境和各模块的参数。如图 1-4 所示。对话框左侧列出了系统中所有需要参数设定的工程,一般情况下采用系统默认设定即可。但也可以进行一些个性化设置,还可以设定系统的默认文件存放目录和库文件存放目录。

注: Altium Designer 的汉化也是在 Preferences 对话框中进行设置的。选中图 1-4



图 1-3 DXP 菜单

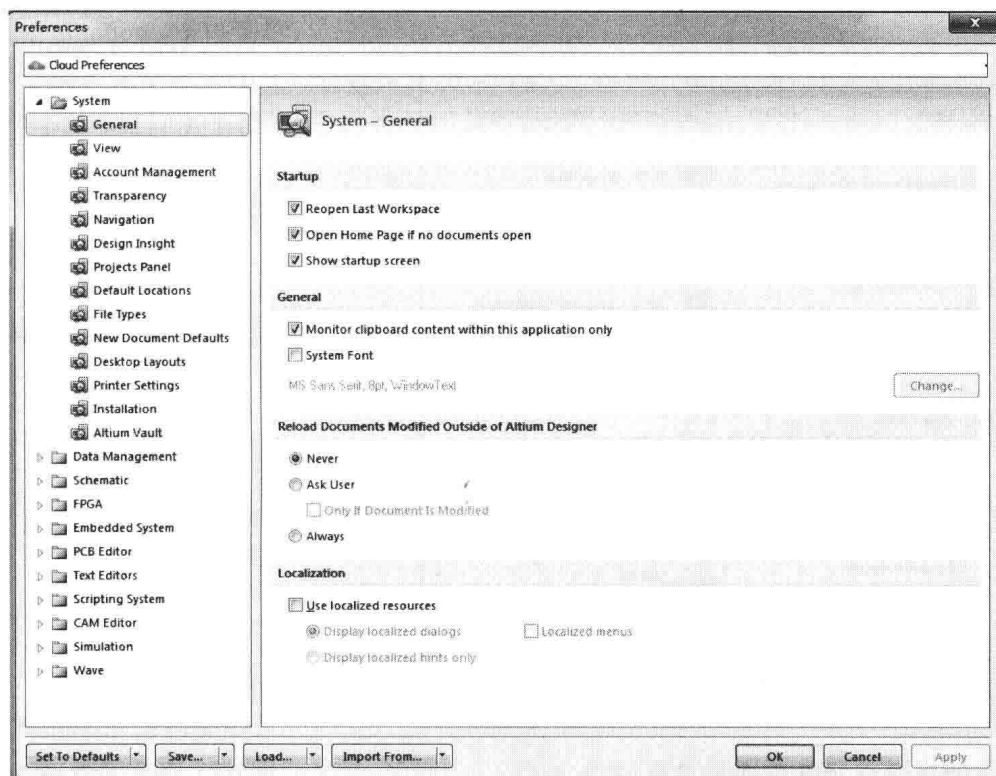


图 1-4 Preferences(系统参数设置)对话框

左下方的 Use localized resources 复选框,随即弹出一个应用新设置警告对话框,如图 1-5 所示。单击 OK 按钮,退出 Altium Designer 软件,重启 Altium Designer 后,即变为中文界面。

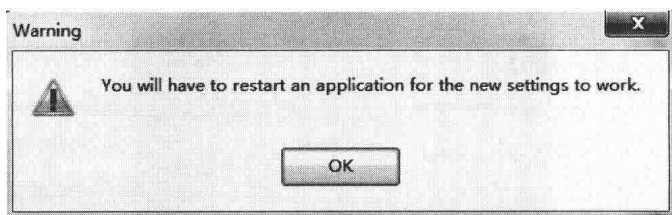


图 1-5 应用新设置警告对话框

(2) File(文件菜单)

用于文件/工程的新建、打开、保存、导入等,如图 1-6 所示。

注:

- ① Smart PDF(智能 PDF)用于生成 PDF 格式的设计文件向导。
- ② Import Wizard(导入向导)用于将其他 EDA 软件的设计文件及库文件导入 Altium Designer,如导入 Protel 99SE、P-CAD、OrCAD 等软件生成的设计文件。

(3) View(查看菜单)

View 菜单用于 Toolbars(工具栏)、Workspace Panels(工作区面板)、Status Bar(状态栏)、Command Status(命令行)的显示和隐藏,如图 1-7 所示。

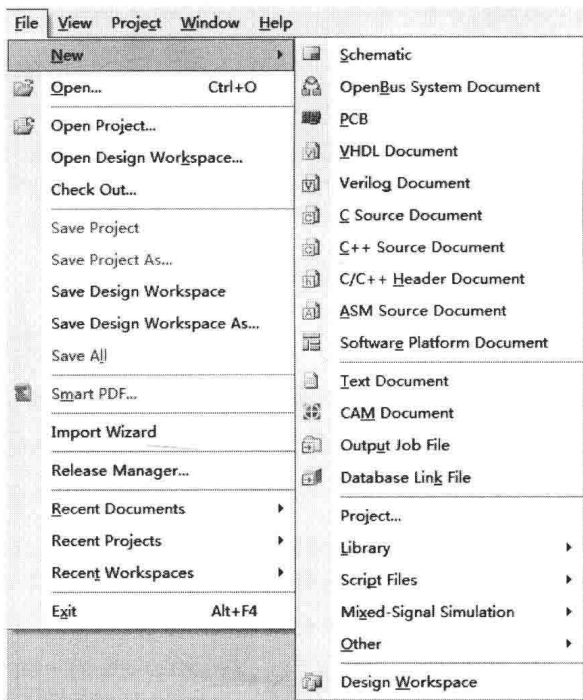


图 1-6 File(文件)菜单



图 1-7 View(查看)菜单

注:

- ① Toolbars 用于导航栏和工具栏的显示和隐藏。
- ② Workspace Panels 用于控制各类工作区面板的显示和隐藏,共有 4 个子菜单: Design Compiler、Help、Instruments、System,通过相应的命令可设置相应的面板是否在

工作界面上显示。如 Design Compiler(设计编译器)命令用于控制设计编译器相关面板的打开和关闭,包括编译过程中的差异、编译错误信息、编译对象调试器及编译导航栏等,具体如图 1-8 所示。

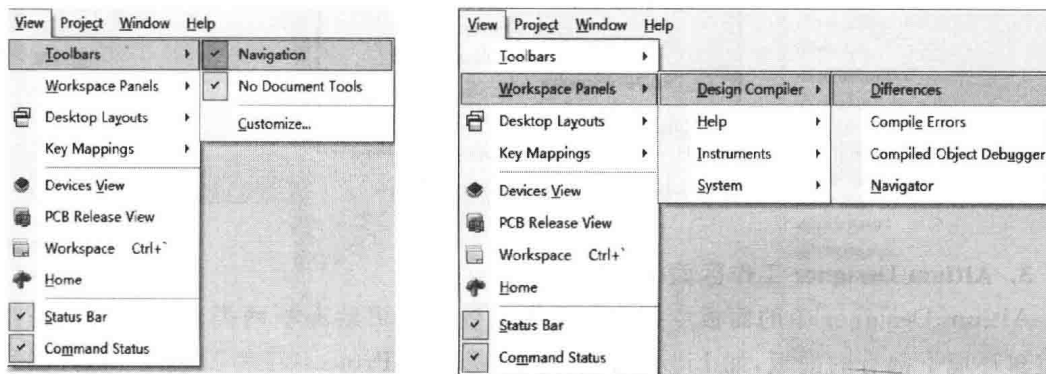


图 1-8 Toolbars(工具栏)和 Workspace Panels(工作区面板)子菜单

(4) Project(工程菜单)

Project 菜单主要用于整个设计工程的编译、分析和版本控制,如图 1-9 所示。

(5) Window(窗口菜单)

Window 菜单主要用于对当前工作窗口中打开的所有设计文件的管理,如对打开的所有设计文件进行水平排列、垂直排列或关闭,如图 1-10 所示。

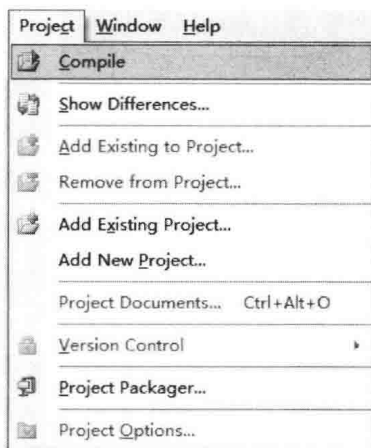


图 1-9 Project 菜单

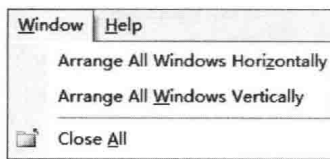


图 1-10 Window(窗口)菜单

(6) Help(帮助菜单)

Help 菜单用于打开帮助文件,如图 1-11 所示,用户可根据需要查找各种帮助信息。

2. Altium Designer 工具栏

工具栏中只有 5 个按钮     , 分别用于新建文件、打开已有文件、打开外部硬件设备视图页面、打开工作区控制面板。当打开 PCB 工程中的原理图设计文件或 PCB 设计文件时,会发现工具栏中的资源发生明显变化。

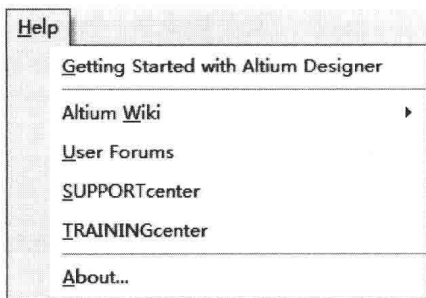


图 1-11 Help(帮助)菜单

3. Altium Designer 工作区面板

Altium Designer 中的面板主要分为系统面板和编辑器面板两类。系统面板是在任何编辑环境下都有的面板,如 Library(库文件)面板和 Project(工程)面板。编辑器面板则是在特定的编辑环境中才会出现的面板,如 PCB 编辑环境中的 Navigator(导航器)。无论哪种面板,都需要通过如图 1-12 所示左下角的面板标签栏来激活。可以同时激活多个面板,并以标签页的形式存在。



图 1-12 工作区面板

如图 1-13 所示,每个面板都有 3 种工作状态:弹出/隐藏、锁定和浮动。

(1) 弹出/隐藏状态

弹出/隐藏状态如图 1-13(a)所示,面板标题栏上显示 。单击 Files 面板标题

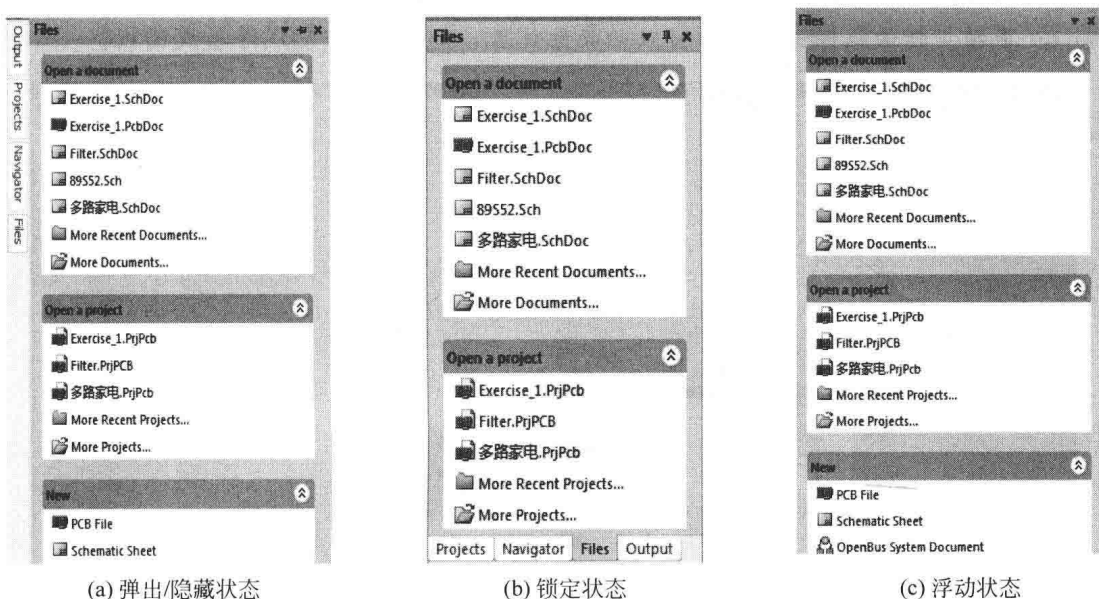


图 1-13 工作面板的三种显示状态

栏上的 按钮,发现 按钮将变为 按钮,即面板工作状态由弹出/隐藏状态变为锁定状态。

(2) 锁定状态

锁定状态如图 1-13(b)所示,面板标题栏上显示 。单击 Files 面板标题栏上的 按钮,发现 按钮变为 按钮,即面板工作状态由锁定状态变为弹出/隐藏状态。

(3) 浮动状态

浮动状态如图 1-13(c)所示,面板标题栏上显示 。若从浮动状态恢复到锁定状态,可将面板往中间拖曳,此时在会出现两个浮动的图标: 和 。将面板拖动到左侧箭头标志处放下,面板就会被锁定在工作窗口左侧,反之面板就会被锁定在工作窗口右侧。

任务实施

- (1) 创建 PCB 工程。
- (2) 创建原理图文件。



操作小技巧

(1) 要想使工作面板以弹出/隐藏、锁定和浮动状态在应用窗口中显示,工作面板停靠状态的设置如图 1-14 所示,拖动工作面板时,此时编辑窗口中会出现四个方向不同的小箭头。

- ① 拖动工作面板至左箭头处释放,工作面板将变成标签式面板。
- ② 拖动工作面板至右箭头处释放,工作面板将变成弹出/隐藏式面板。
- ③ 拖动工作面板至上箭头处释放,工作面板将变成上贴式面板。

- ④ 拖动工作面板至下箭头处释放,工作面板将变成下贴式面板。
- ⑤ 拖动工作面板停靠在编辑窗口的其他位置,工作面板将变成浮动式面板。

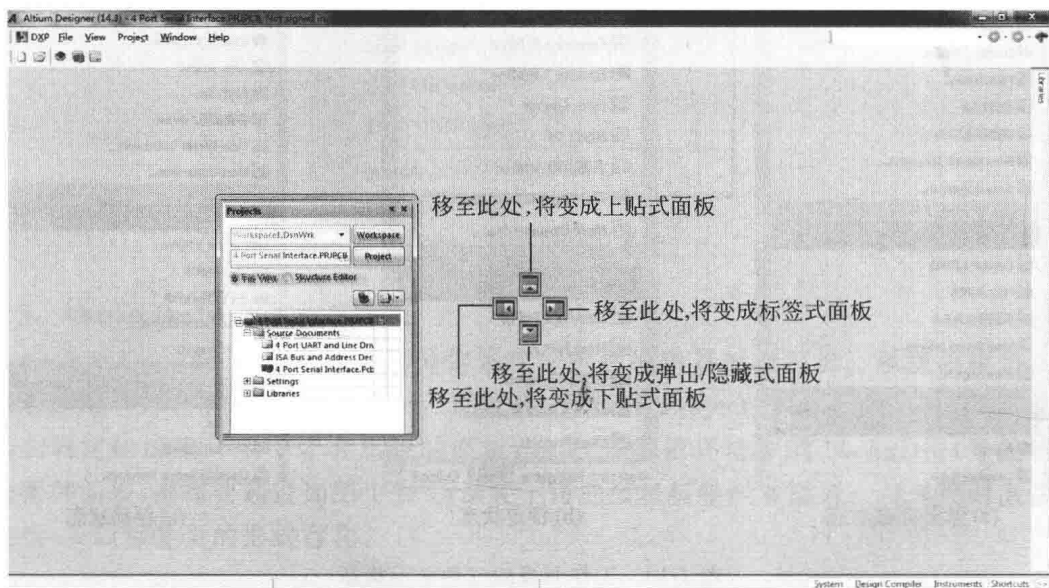


图 1-14 工作面板停靠状态的设置

(2) 要使处于弹出/隐藏状态或锁定状态的面板变为浮动状态,只需将面板拖动到工作窗口中希望放置的地方即可。要使处于浮动状态的面板变为弹出/隐藏或锁定状态,则需将面板拖动到工作窗口的左侧或右侧后,再进行相应操作。

注意: 创建/打开系统基本工作界面不同类型的设计文件时,如原理图文件和 PCB 文件,相应的菜单栏、工具栏中的资源不同,对应的工作区面板及工作区面板按钮内容亦不同。

任务 1.2 创建 PCB 工程及相关设计文件

任务目标

- (1) 了解工程结构。
- (2) 理解 Altium Designer 文件管理的概念。

任务内容

- (1) 了解 Altium Designer 工程结构。
- (2) 创建工程。
- (3) 创建/添加相关设计文件。

相关知识

无论利用 Altium Designer 完成何种类型的设计文件,都必须在工程中实现,即设计文件均隶属于某一工程,或暂时从属于某一工程。在如图 1-15 所示的 Project(工程)面板中,工程 Exercise_1.PrjPcb 与设计文件之间呈树状结构。

如果工程与设计文件在同一存储路径下,称该设计文件从属于工程,例如,图 1-15 中的原理图文件 Exercise_1.SchDoc 和 PCB 文件 Exercise_1.PcbDoc 从属于工程 Exercise_1。