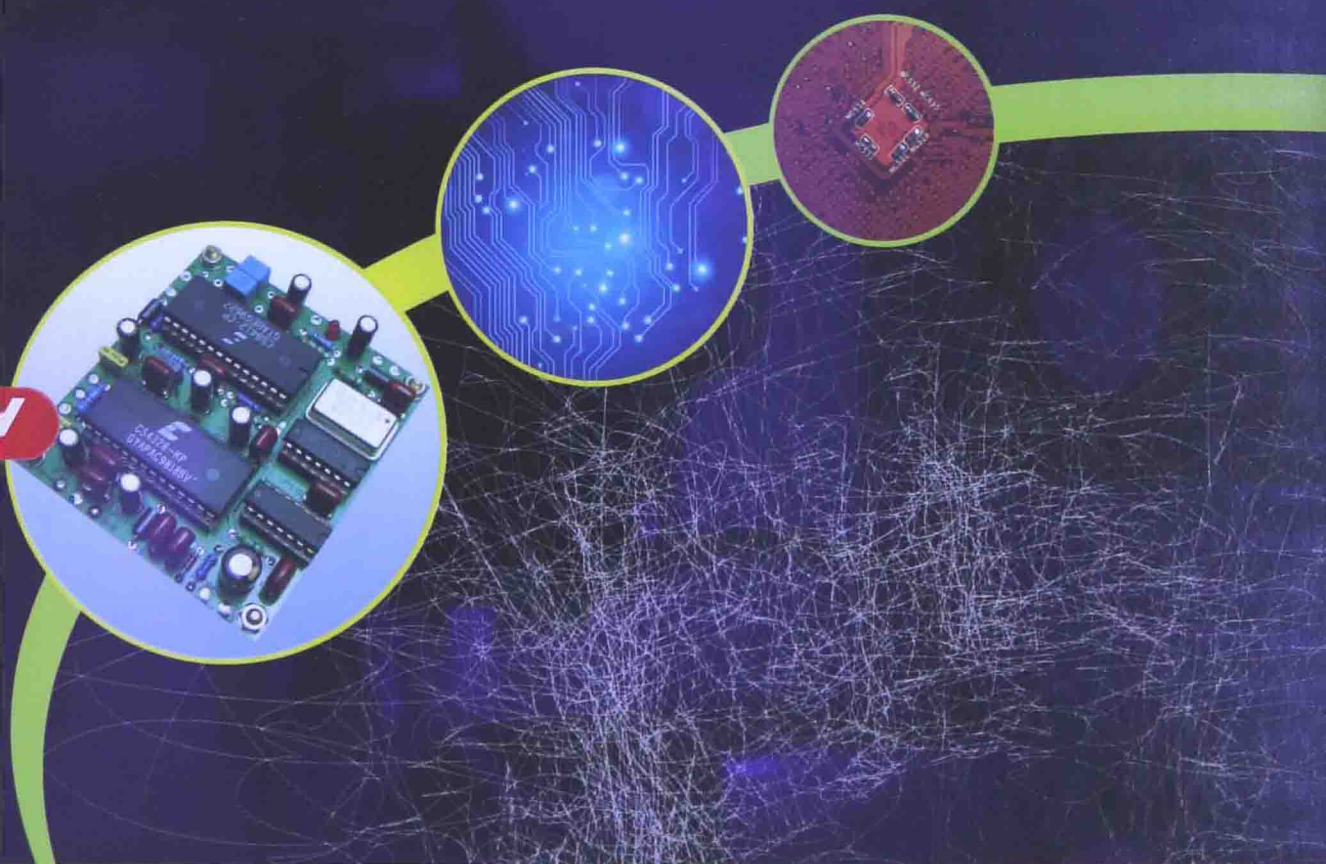


Altium Designer 13

电路设计

从入门到精通

罗 瑞 张自红 李德俭 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

Altium Designer 13

电路设计

从入门到精通

罗 瑞 张自红 李德俭 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以 Altium Designer 13 为基础,介绍了电路设计的方法和 PCB 绘制的技巧。内容包括 Altium Designer 13 及 PCB 基础知识、原理图的绘制、原理图设计提高、PCB 设计基础、PCB 设计与提高、创建元件库及元件封装、STM32 开发板设计、MP3 播放器设计及 CC2530 无线数据传输设计。

全书内容由浅入深、从易到难、讲解详实、思路清晰,各章节既相对独立又前后关联。同时编者总结了多年的教学经验及心得,给出相关提示,帮助读者快速掌握相关知识。

本书既适合作为本科院校电气自动化、机电一体化等专业的教材,也适合作为相关行业工程技术人员及初学者的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 13 电路设计从入门到精通 / 罗瑞, 张自红, 李德俭编著. —北京: 中国电力出版社, 2015.5

ISBN 978-7-5123-7130-9

I. ①A… II. ①罗… ②张… ③李… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 017647 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 5 月第一版 2015 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 545 千字

印数 0001—3000 册 定价 59.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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



前言

Altium Designer 13 电路设计从入门到精通

本书从使用的角度出发，每一章都以一个以上的设计案例为主线，详细介绍了从原理图到 PCB 的全部设计过程，包括创建元件、绘制原理图和设计 PCB 等内容。读者只需跟着步骤操作学习，就能设计出自己独立完整的 PCB 电路，而这些都是基于 Altium Designer 13 软件平台进行开发的。

Protel 系列是进入我国最早的电子设计自动化软件，一直以易学易用而受到广大电子设计爱好者的喜爱。Altium Designer 13 作为新一代的板卡级设计软件，其独一无二的 DXP 集成技术平台，为设计系统提供了所有工具和兼容环境。

PCB 设计最基本的操作就是对元件进行布局和连线工作，而 Altium Designer 13 具备的功能远不止这些。它提供了差分对、虚拟 3D 技术等长线和交互式长度调整等布线工具，以及先进的阻抗驱动线宽、智能粘贴和智能交互式布线等功能，这些都为 PCB 设计提供了方便。

本书共分为 10 章，第 1 章 Altium Designer 13 概述；第 2 章 PCB 基础及相关概念术语；第 3 章 原理图的绘制；第 4 章 原理图设计提高；第 5 章 PCB 设计基础；第 6 章 PCB 设计与提高；第 7 章 创建元件库及元件封装；第 8 章 STM32 开发板设计；第 9 章 MP3 播放器设计；第 10 章 CC2530 无线数据传输设计。通过实例使得读者对单片机开发项目的过程有更深刻的了解并提高实战水平。附录 A 介绍了 Altium Designer 13 快捷键，汇总了最常用的快捷键和不同绘图情况下的快捷键；附录 B 介绍 Altium Designer 13 软件中导入图标的具体步骤，可以方便读者在完成的 PCB 上加入自己公司的 logo；附录 C 介绍了 Altium Designer 13 设计过程中规则设置，列举了常用的使用方法。本书结构体系合理，内容由简到难，深入浅出，语言流畅，易于理解。

红河学院的罗瑞编写了本书的第 1~6 章和部分附录，张自红编写了第 7~9 章，李德俭编写了第 10 章及部分附录，全书由罗瑞统稿。本书的顺利出版，要感谢红河学院工学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于编者的经验和水平有限，书中难免存在不妥之处，请读者见谅，并提出宝贵意见。本书提供相关的源代码，开发板的原理图和 PCB 图纸，并保持不断地更新，对于需要的读者可以发邮件与编者联系：2801548144@qq.com，编者会尽快回复。

2015 年 3 月



目 录

Altium Designer 13 电路设计从入门到精通

前言

第 1 章	Altium Designer 13 概述	1
1.1	Altium Designer 13 的主要特点	1
1.2	Altium Designer 13 的主窗口	2
1.3	Altium Designer 13 的文件管理系统	7
1.4	Altium Designer 13 完整操作流程	8
第 2 章	PCB 基础及相关概念术语	22
2.1	PCB 概述	22
2.2	PCB 的结构	23
2.3	层的概念	24
2.4	元件与元件库	25
第 3 章	原理图的绘制	32
3.1	新建一个看门狗 PCB 项目	32
3.2	放置元件	37
3.3	元件的电气连接	45
3.4	绘制图形对象	57
3.5	保存工程	61
3.6	单片机开发板原理图绘制	68
第 4 章	原理图设计提高	78
4.1	建立多通道数据采集系统工程	78
4.2	光标类型和元件拖动模式	81
4.3	文字变量	82
4.4	图纸单位	82
4.5	层次原理图设计	83
4.6	层次原理图对象	90
4.7	连线技巧	93
4.8	摘录与组合	97

4.9	智能粘贴与阵列粘贴	100
4.10	其他绘制技巧	104
第 5 章	PCB 设计基础	109
5.1	PCB 文件操作	109
5.2	PCB 设置	111
5.3	浏览图纸与光标设置	115
5.4	PCB 层设置	116
5.5	PCB 框设置	118
5.6	PCB 元件操作	125
5.7	编辑网络表	128
5.8	手动布线	131
5.9	图形绘制与孔放置	134
5.10	元件布局	143
5.11	布线	152
5.12	距离测量	159
5.13	从 PCB 更新到原理图	160
5.14	打印与导出原理图	161
第 6 章	PCB 设计与提高	165
6.1	PCB 层集合管理	165
6.2	PCB 布线提高	171
6.3	内电层	190
6.4	覆铜	195
6.5	类与组合	199
6.6	PCB 技巧	201
6.7	原理图与 PCB 交互定位	206
第 7 章	创建元件库及元件封装	208
7.1	创建原理图元件库	208
7.2	创建 PCB 元件库及元件封装	223
7.3	元件封装检查和元件封装库报表	241
7.4	基于 SolidWorks 三维封装库绘制	242
7.5	创建项目元件库	250
第 8 章	STM32 开发板设计	252
8.1	实例简介	252
8.2	核心板开发	264
8.3	传感器扩展板开发	274

8.4	一般厂家加工参数	283
第 9 章	MP3 播放器设计	285
9.1	工程原理介绍	285
9.2	电路原理图绘制	290
9.3	原理图输入	291
9.4	PCB 设计	295
9.5	生成文件	302
第 10 章	CC2530 无线数据传输设计	306
10.1	核心板工程原理介绍	306
10.2	核心板电路原理图绘制	311
10.3	核心板电路 PCB 绘制	315
10.4	放置 Polygon Pour 与 Fill	317
10.5	核心板生成 PDF 文件	319
10.6	底板原理介绍	322
10.7	底板原理图绘制	326
附录 A	Altium Designer 13 常用快捷键大全	331
附录 B	Altium Designer 13 中导入图标	339
附录 C	PCB 规则约束	342



第 1 章

Altium Designer 13 概述

1.1 Altium Designer 13 的主要特点

随着集成器件“更加智能化”，应用程序也日益复杂化。问题的瓶颈始终在于系统级别；将嵌入式产品的所有方面紧密结合以及在各个级别上对其交互进行管理。

只有可为设计的方方面面提供工具的真正统一的开发环境才会有助于解决产品设计日趋复杂性的问题。在 AD 2013 以前，需要日趋复杂的专有平台才可实现“简化”。但是 Altium 公司成功预见到专有路径所带来的负面影响，并已投入巨大而必要的投资以便使 DXP 成为全面开放的可扩展平台，从而确保其在未来的关联性及其有效性。

结合已改进并经扩展的数据保险库技术，Altium 公司现已更好地进行定位，从而为各种开发团队提供适当的工程解决方案。

1.1.1 开放式环境

最新发布的 AD13 对约束进行有效规定，标志其朝向更加开放式的环境迈出了重要且关键的一步，该开放式环境不仅可通过 AD13 内部，而且可通过其广泛的用户来孕育并支持可扩展性。

为使用户对 AD13 的安装和执行拥有更多控制，能够创建可在 DXP 内执行的自身扩展、访问潜在低级功能以及快速可靠生成应用程序，Altium 公司将正式发布一款完全兼容的产品——软件开发包(SDK)，从而可完成所需框架的构建，该框架可使用户创建能够直接在 DXP 和现有 AD13 模块中运行、同时可与其相连接的应用程序。该扩展性级别与更易于访问的平台相结合，将会确保 DXP 在未来相当长的一段时期内不断演化。

1.1.2 协同设计

支持设计环境持续改进的另一关键策略即是提高支持设计协作的能力。随着内部设计团队的增长和日益分散，Altium 公司已跨多时区及多个地理区域建立起设计合作伙伴关系，因此为设计协作开发出一种可靠、安全的数据管理技术就显得尤为重要。AD13 为应对这一需求以进行设计数据管理的解决方案即是其数据保险库技术。

从根本上来说，任何设计协作技术都必须确保设计资源能够安全存储和共享。数据保险库技术可满足此项要求，但设计团队的要求越发严苛，他们需要的不仅仅只是一个简单的存储库，因此，AD13 的数据保险库技术提供更大灵活性和可配置性——随着 AD13 的引入，其功能也进一步增强，从而可使开发人员对其整体设计环境以及所有设计和制造相关数据进行更大限度地控制。

随着 AD13 的发布，数据保险库技术现已可提供两种版本，即 AD13 数据保险库服务器以及个人数据保险库。两种版本的最低级别均可为工程数据提供内容管理系统，工程数据包

括为进行制造所发布的数据以及创建该数据所需的控件和进程。其中，这两种新版本的适用范围有所不同。AD13 数据保险库服务器通常适用于需要可追溯性的团队和大型团队使用，而个人数据保险库，正如其名，更适合于较小的团队或自由开发人员使用。

AD13 数据保险库服务器需要对全体用户和共享规则的管理层自定义同步用户的数量，而个人数据保险库旨在为三人或三人以下的团队提供服务，无需用户认证，亦不提供用户管理功能和内容共享功能。而就存储、正式版本管理、供应链智能及生命周期状态管理而言，AD13 数据保险库服务器可提供访问控制功能和内容共享功能。

1.1.3 特点与功能

AD13 本质上仍保持有综合的开发环境，可使电子设计工程师从一个单一且统一的平台开发出完全嵌入式产品，包括硬件、软件、PCB 及机械外壳等。在使 AD13 更接近于 Altium 公司战略目标的同时，AD13 的发布也意味着大量“底层”增强功能问世。

从用户的角度来说，首先注意的事情便是 AD13 重新设计的主页，主页可为用户提供项目及其构成文档的丰富图示浏览体验，具有文档预览的新功能，仅需将鼠标悬停在某一单独的文档便可进行访问。大量最新的增强功能可实现设计效率的提高。例如：在 BOM（元件清单）中涵盖基于数据保险库的供应链信息，能提供最新实时价格以及可能来自设计环境内部的可用性信息。开发人员可在原理示意图中直接加入超链接，只需提供参考设计信息，而无需离开图形捕捉视图。另外，还增加了原理图级别的增强自定义功能，包括可编辑引脚和端口属性。由于 AD13 也同时支持电路板和外壳设计，因此，辅助 3D 查看功能可显著提高设计效率，从而带来效益。在 AD13 中，此项功能可提供预定义视图，并可轻松访问。预定义视图包括俯视图、仰视图、主视图、后视图、左视图以及右视图，同时也包括等距视图。

作为统一的开发环境，AD13 适于为需要在 PCB 图及原理图中包含可配置元器件的集成器件提供支持。嵌入式产品设计的当前趋势即是要包括电容触控传感，其在显示器以及 PCB 级别中的应用日益频繁。

使用铜质线路直接将电容式传感器实施安装于 PCB 上时需要创建传感器配置文件。如今许多元器件均可提供支持，但是，即使充分掌握技术，其实施安装仍然有难度。

集成开发环境的好处在于可以较大程度地自动实施。例如，在 AD13 中，已为微芯片的 mTouch 技术添加支持，该技术允许根据原理图文档中的元器件设置在 PCB 中自动生成复杂的电容形状。设置及形状可根据需要随时更改，与手动过程相比，大大节省了时间。通过这种方式，可生成传感器配置文件并直接连接至微芯片器件上的相关引脚。该示例突出显示了开发环境的主要功能之一。

1.2 Altium Designer 13 的主窗口

启动 Altium Designer 13，会出现一个启动界面，之后就是完整的主工作界面，如图 1-1 所示。它们的含义分别是：

① 为工作菜单栏和第二行的工具栏。菜单栏和工具栏的图标会随文件的改变而改变。

② 为工作面板区。

③ 为 Home（主页）面板。

- ④ 为工作窗口。
- ⑤ 为收藏面板；剪切面板；元件库面板。
- ⑥ 为状态栏。

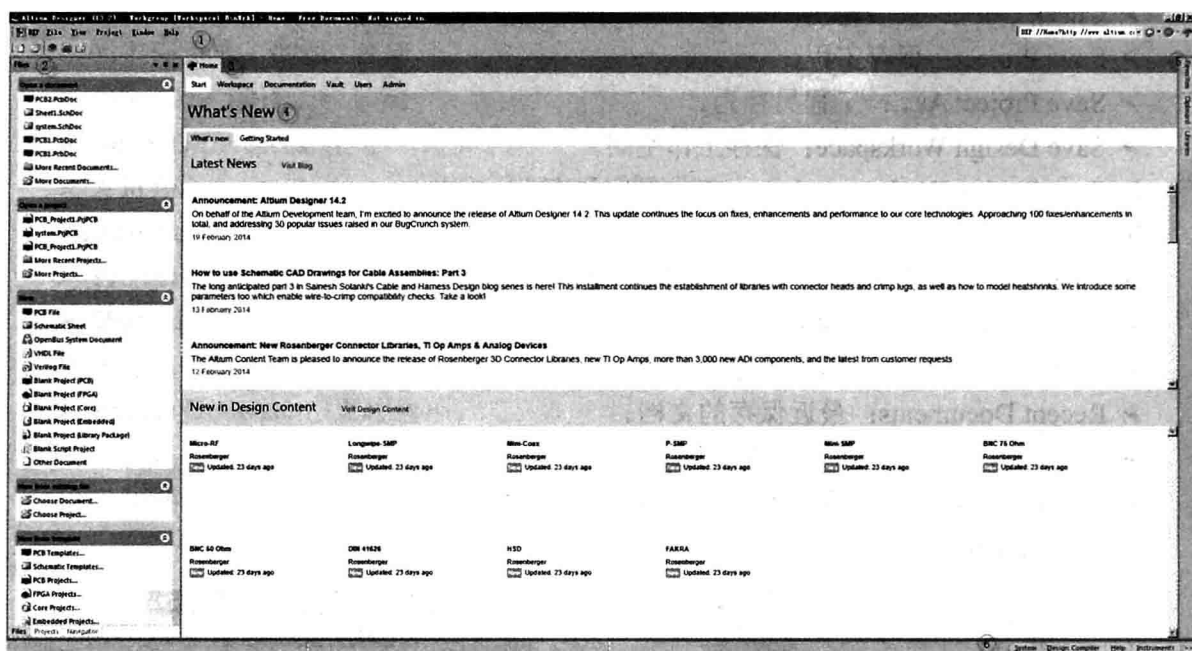


图 1-1 AD13 的主工作界面

1.2.1 菜单栏

菜单栏主要包括一个用户配置按钮菜单、File 文件菜单、View 视图菜单、Project 工程菜单、Windows 窗口菜单和 Help 帮助菜单等。

(1) 用户配置按钮菜单，如图 1-2 所示。

- My Account: 我的账户，可以用自己的用户名和密码在线注册。
- Preferences: 优选参数设置，主要用于对 AD13 的系统参数包括资料备份、自动保存、字体、项目面板的显示、环境参数等的设置。
- Connected Devices: 器件预览。
- Plug-ins and updates: 插件更新。
- Downloads: 下载管理器。
- Vault Explorer: Vault 插件示例。
- Publishing Destinations: 出版目的命令。
- Design Repositories (VCS): 设计库，用于存储设计好的文档。
- Design Releases: 设计发布。
- Altium Forums: 论坛。
- Altium Wiki: 资料。

(2) 文件菜单，如图 1-3 所示。

- New: 新建。
- Open...: 打开。

- Close: 关闭。
- Open Project...: 打开工程。
- Open Design Workspace...: 打开工作空间。
- Check Out...: 检查输出。
- Save Project: 保存工程。
- Save Project As...: 工程另存为。
- Save Design Workspace: 保存工作空间。
- Save Design Workspace As...: 工作空间另存为。
- Save all: 全部保存。
- Smart PDF...: 把工程文件保存为 PDF 文件, 方便浏览。
- Import Wizard: 导入文件向导。
- Release Manager...: 发布管理器。
- Recent Documents: 最近保存的文档。
- Recent Projects: 最近保存的工程。
- Recent Workspaces: 最近保存的工作空间。
- Exit: 退出。

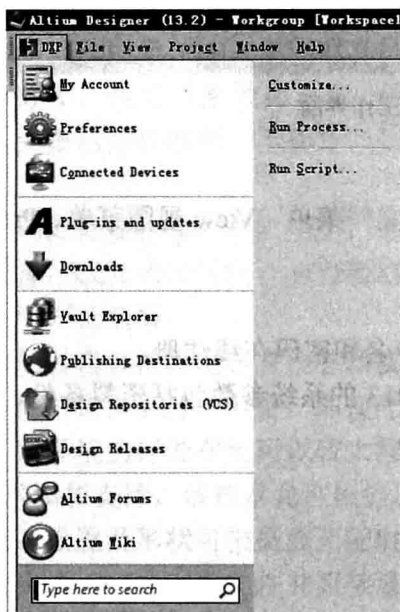


图 1-2 用户配置按钮菜单

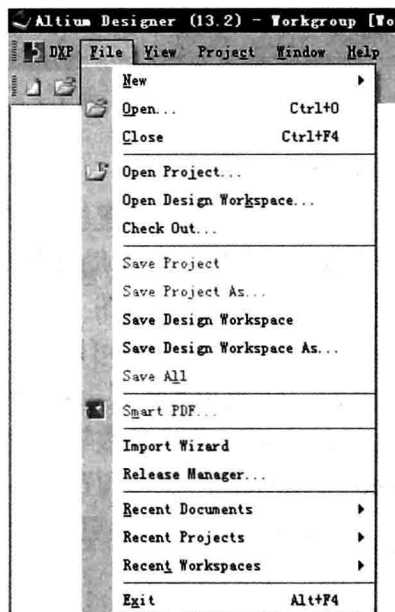


图 1-3 文件菜单

(3) 视图菜单, 如图 1-4 所示。

- Toolbars: 工具栏。
- Workspace Panels: 工作面板。
- Desktop Layouts: 桌面布局。
- Key Mappings: 按键设置。
- Devices View: 器件预览。
- PCB Release View: PCB 发布预览。

- Workspace: 工作空间。
- Home: 主页。
- Status Bar: 状态栏。
- Command Status: 命令状态栏。

(4) 工程菜单, 如图 1-5 所示。

- Compile: 编译。
- Show Differences...: 显示差异。
- Add Existing to Project...: 添加已有文件到工程。
- Add New Project...: 添加新工程。
- Project Documents...: 工程文档。
- Version Control: 版本。
- Project Packager...: 工程打包。
- Project Options...: 工程选项。

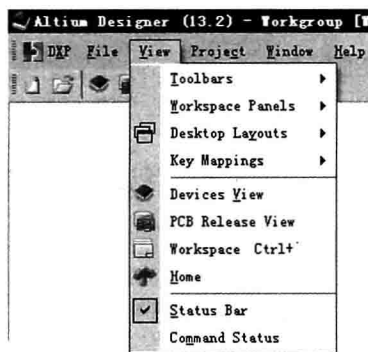


图 1-4 视图菜单

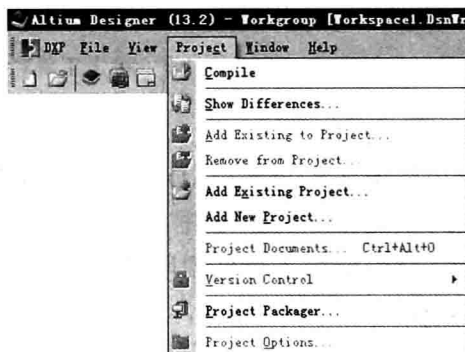


图 1-5 工程菜单

(5) 窗口菜单, 如图 1-6 所示。

- Arrange All Windows Horizontally: 水平排列窗口。
- Arrange All Windows Vertically: 垂直排列窗口。
- Close All: 关闭所有窗口。

窗口菜单用于原理图和 PCB 图交互设计, 当元件较多时, 非常有用。

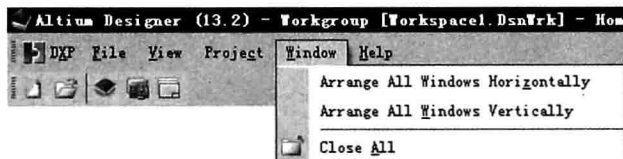


图 1-6 窗口菜单

1.2.2 工具栏

在启动程序进入主窗口, 工具栏中只有      这 5 个按钮, 分别表示“打开任何文件”(即当工作面板底部选项卡不在 Files 选项时, 单击该按钮, 可以切换到 Files 选项卡, 单击该按钮前后如图 1-7 所示); 第二个按钮表示“打开已存的文件”; 第三个是“器件管理”; 第四个是“PCB 发布管理”; 第五个是“打开工作空间控制面板”。

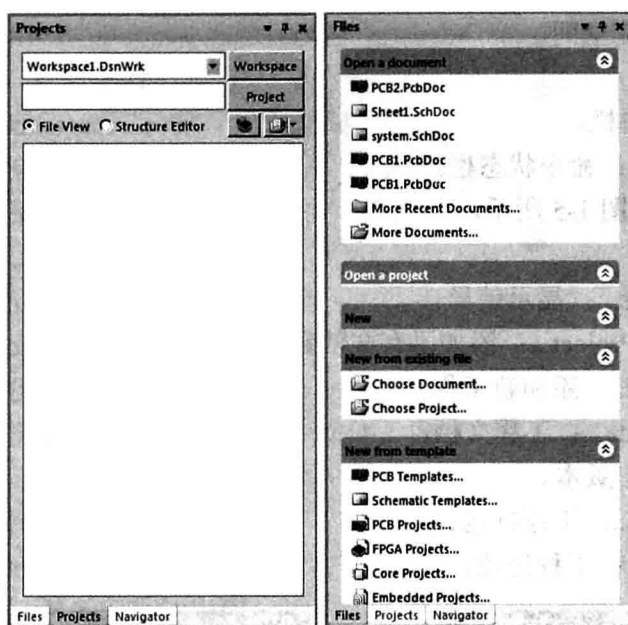


图 1-7 单击工具栏第一个按钮前后变化

1.2.3 工作窗口

工作窗口如图 1-8 所示。AD13 工作窗口比以前版本的内容要多。包括 6 个选项卡：开始，工作空间，文档，Vault 数据库，用户和管理员。

- **Start:** 软件新版本特性说明和相应的帮助信息等；
- **Workspace:** 工作空间区，启动后是灰色界面，但可以右击，弹出一个菜单，用于工作空间的对应操作；
- **Documentation:** 连接到 Altium 服务器，获得一些帮助文档和技术手册；
- **Vault:** 上网连接到 Vault 服务器，获得 DXP Preferences、Data Management、Vaults settings 等信息；
- **Users 和 Admin:** 上网连接 Vault 服务器，获得用户信息和注册等管理信息。

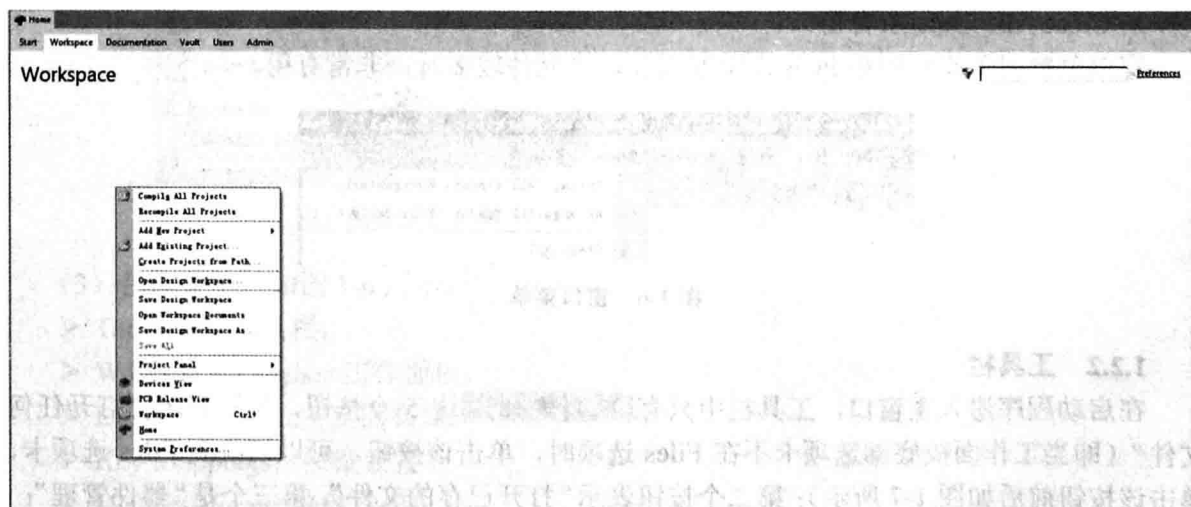


图 1-8 工作窗口

1.2.4 工作面板区

工作面板区如图 1-9 所示。工作面板区包括：文件选项卡，工程选项卡和导航选项卡。

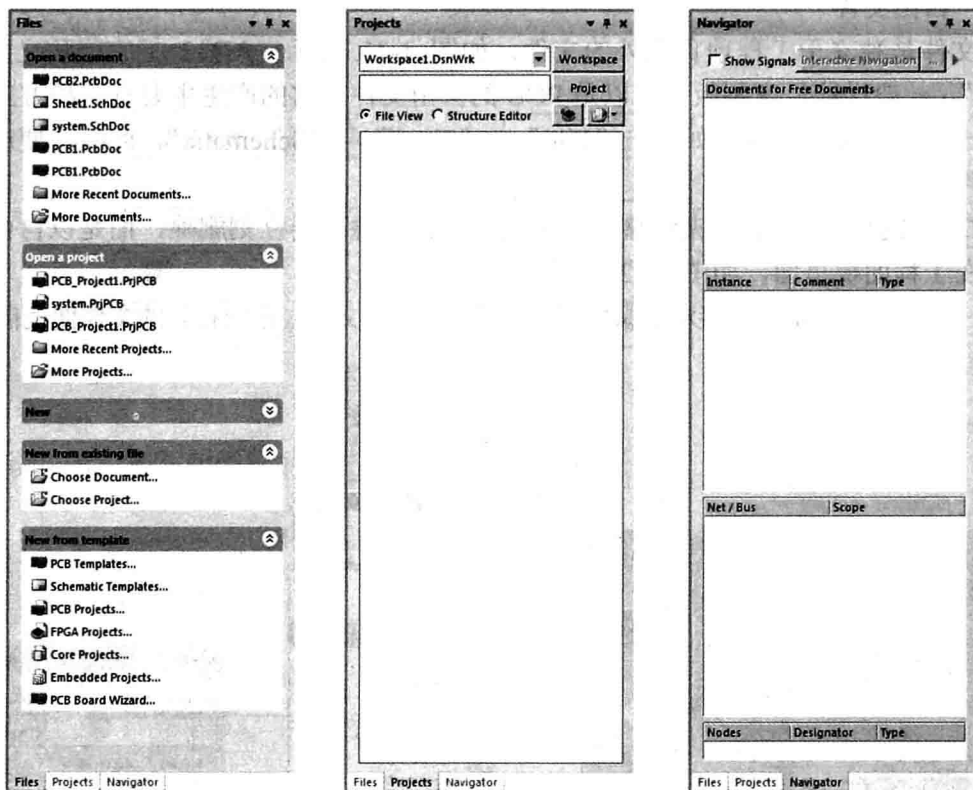


图 1-9 工作面板区三个选项卡

1.3 Altium Designer 13 的文件管理系统

1.3.1 工程文件

AD13 软件支持工程文件管理，在一个工程文件里，包括用户在设计过程中生成的一切文件。例如，设计一个 U 盘电路板，可以将 U 盘电路原理图文件，PCB 图文件，设计过程中系统自动生成报表文件，以及元件的集成库文件放在一个工程文件中，便于文件管理。一个工程文件需要建立一个文件夹，把系统产生的所有文件放入其中，方便使用管理。在工程文件中，可以执行对工程的各种操作，如新建、打开、关闭、复制与删除等。但工程文件只负责管理，在保存文件时，工程中各个文件是以单个文件的形式保存的。

如图 1-10 所示，打开了两个工程①和工程②。从图中可以看出，工程①的 Sheet1.SchDoc 文件上面有个“*”和红色图标，表示该文件没有保存；工程②的 system.SchDoc 文件只有一个灰色图标，表示该文件打开但没有进行过任何的修改。

工程②的 system.PrjPCB 工程上有个“*”，表示该工程没有保

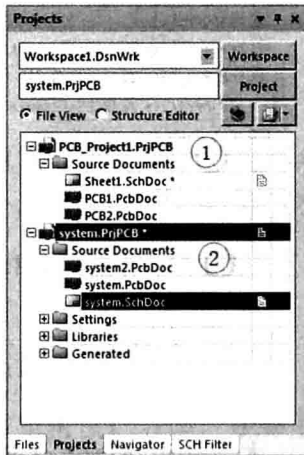


图 1-10 打开工程文件

存。而且可以看出，该工程文件里面有“Settings”设置文件、“Libraries”用户自己的库文件、“Generated”保存信息文件。

1.3.2 自由文件

自由文件是独立于工程项目之外的文件，如图 1-11 所示，AD13 把它们称之为“Free Document”，一般送给厂家制版的可以是 PCB 的自由文件。它的产生主要有三种方式。

方式一：直接建立文件。如单击“File”→“New”→“Schematic”，此时，便产生自由原理图文件。

方式二：在打开工程文件夹中移除一个文件，该文件不会立刻删除，而是以自由文件的形式出现在工程面板里面，如图 1-12 所示。

方式三：在保存目录下直接双击原理图文件或者 PCB 文件，系统打开的文件便是自由文件。

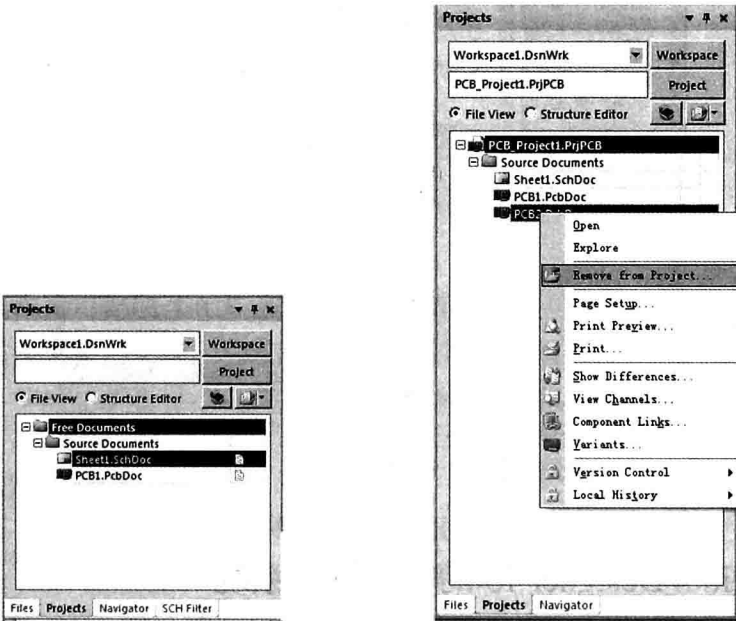


图 1-11 打开自由文件

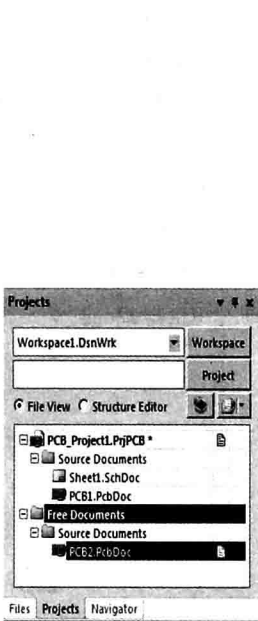


图 1-12 移除文件变成自由文件

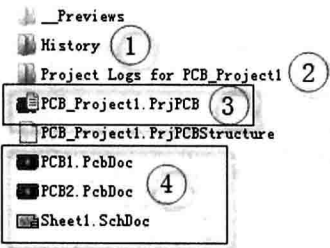


图 1-13 存盘文件目录

1.3.3 存盘文件

存盘文件是工程文件存盘时生成的文件。工程文件里的文件都会单个保存，工程文件起到一个组织和管理的作用。存盘文件目录如图 1-13 所示。

- ① 为工程历史记录，会占用大量的空间。
- ② 为单个文件产生的记录。
- ③ 为工程文件。
- ④ 为单个保存文件。

1.4 Altium Designer 13 完整操作流程

本节介绍 AD13 从开始设计图纸到最终完成的整个过程。主要学习制版的整体过程。在此过程中，每完成一个步骤，都需要及时保存工程文件，原因有：

- (1) 防止计算机意外死机，导致文件不完整或丢失；
- (2) 文件从原理图导入到 PCB 图，软件都是基于硬盘上保存的文件来进行传送。所以，文件没有保存，图纸不会导入。

设计流程如图 1-14 所示。

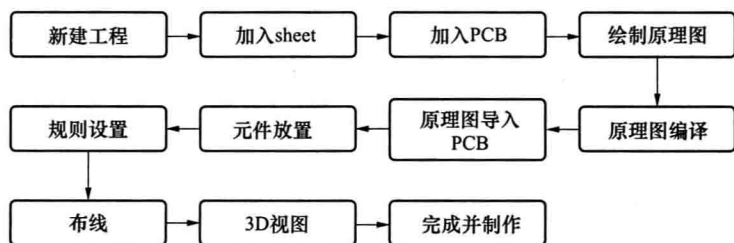


图 1-14 设计流程图

需要设计的原理图和最终的 PCB 图如图 1-15 所示。

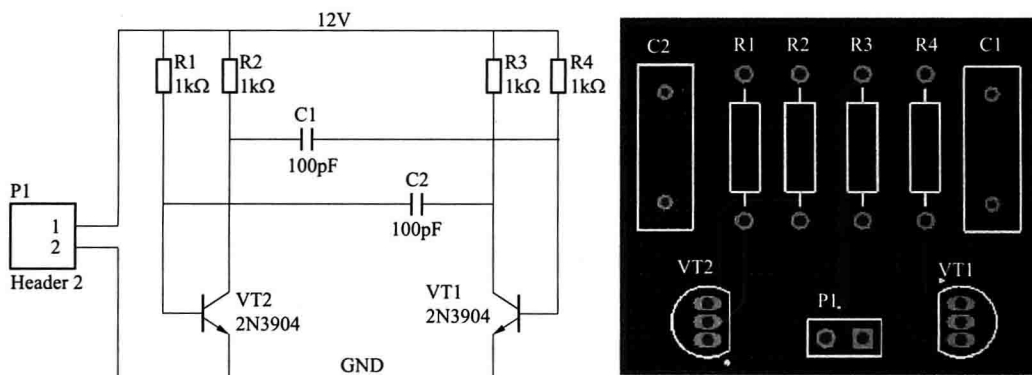


图 1-15 设计的原理图和最终的 PCB 图

元件清单：

- 电阻：R1-R4 (封装：AXIAL-0.4)。
- 电容：C1-C2 (封装：RAD-0.3)。
- 三极管：VT1-VT2 (型号：2N3904，封装：TO-92A)。
- 接口：P1 (封装：HDR1*2)。

1.4.1 建立工程

建立工程是 AD13 制版的基本要求，如果没有建立工程，会导致原理图的元件不能正确导入到 PCB 文件中。另外，AD13 在设计过程中，会生成很多文件，没有工程，文件相互之间就没有关联。所以，没有建立工程就不能进行制版的相关操作。

(1) 新建 PCB 工程文件。

方法一：单击“File”→“New”→“Project”→“PCB Project”，如图 1-16 所示。

方法二：从“工作面板”中选择“Files”一栏进行新工程的建立，如图 1-17 所示。

方法三：从“工作面板”中选择“Projects”一栏，在空白的地方单击鼠标右键，在弹出的菜单中建立工程，单击 Add New Project→PCB Project，如图 1-18 所示。

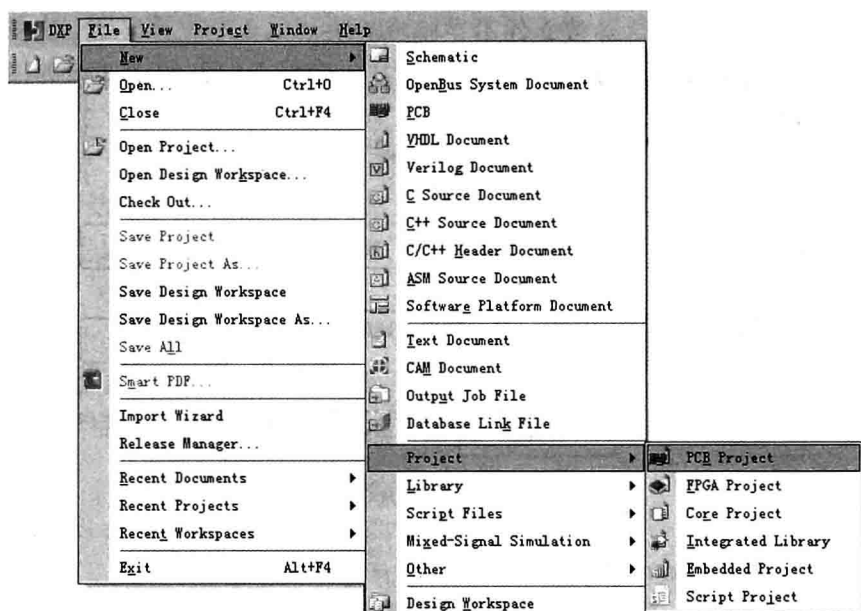


图 1-16 从“文件”菜单建立工程

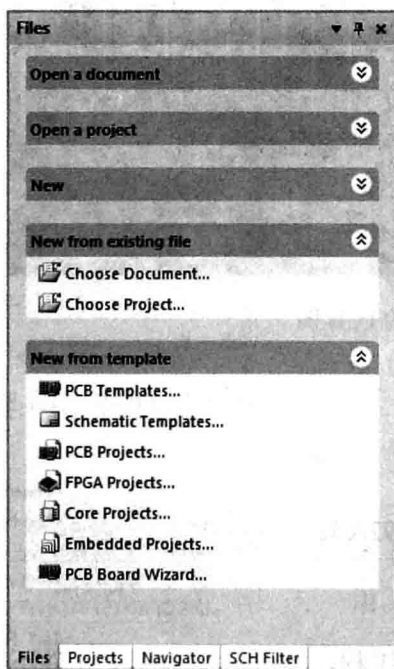


图 1-17 从“Files”栏建立工程

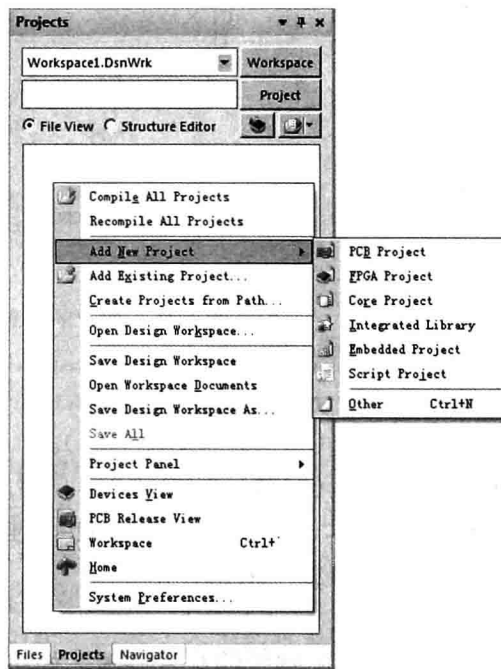


图 1-18 从“Projects”栏建立工程

(2) 在工程中加入“Schematic”。

方法一：单击“File”→“New”→“Schematic”，如图 1-19 所示。

方法二：从“工作面板”中选择“Projects”一栏，在空白的地方单击鼠标右键，在弹出的菜单中新建原理图纸，单击“Add New to Project”→“Schematic”，如图 1-20 所示。

(3) 在工程中加入“PCB”。

方法一：单击“File”→“New”→“PCB”。