



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



无机及分析化学实验

第二版

魏 琴 盛永丽 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

电子技术基础实验

主 编 祝诗平 黄 华
副主编 周胜灵 徐苓娜
参 编 丁珠玉 谢菊芳 张济龙
唐 超 周 渠

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为电子技术系列课程的实验环节编写的实验教材。全书共3章,第1章是电路设计软件 Altium Designer 18.0 基础,第2章是模拟电子技术实验,第3章是数字电子技术实验。全书共42个实验,包括10个基础实验、23个实测与仿真综合实验和9个设计实验。本书坚持“实测与仿真”相结合、“电路仿真与设计”相结合的原则,注重对学生实验操作技能的培养。

本书可作为高等院校电类专业的“模拟电子技术”“数字电子技术”课程的实验教材,也可作为非电类专业的“电子技术”课程的实验教材,还可供从事电子技术的工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验 / 祝诗平, 黄华主编. —北京: 科学出版社, 2018.6
普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-057829-7

I. ①电… II. ①祝… ②黄… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第129193号

责任编辑: 余 江 张丽花 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年6月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年6月第一次印刷 印张: 14 1/4

字数: 338 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

电类专业的“模拟电子技术”“数字电子技术”，非电类专业的“电子技术”均是理论与实践结合十分密切的专业基础课程，它们的实验课程是使学生进一步巩固理论知识，提高实践技能、创新能力的重要环节，在各专业课程体系中占有非常重要的地位。

本书结合作者多年教学改革与实践经验，将电子技术系列课程的实验环节整合到一本实验教程中，具有以下特色。

(1)坚持“内容精练、重在操作”的编写原则。对每个实验的实验原理部分进行精练，只给出与本实验相关的理论分析结果，便于将理论分析结果与实测和仿真结果进行对比分析，也便于学生自学。

(2)坚持“实测与仿真”实验相结合的原则。多数实验设置了仿真实验环节，学生可以先仿真再实测，然后进行比较，加深对相关知识的掌握。

(3)加强创新能力培养环节。增加了电路设计软件 Altium Designer 18.0 的介绍，在“模电”“数电”部分，设置了部分设计性实验，要求先用 Multisim 进行电路仿真，再用 Altium Designer 18.0 进行电路设计，培养学生进行复杂电子电路设计的能力。“模电”实验箱增加了“单片机(STC15F2K08S2)最小系统”，可以进行创新性实验。

本书共3章。第1章是电路设计软件 Altium Designer 18.0 基础，介绍 Altium Designer 18.0 的界面、使用方法、电路设计实例。第2章是模拟电子技术实验，包括7个基础实验、10个实测与仿真综合实验和4个设计实验。第3章是数字电子技术实验，包括3个基础实验、13个实测与仿真综合实验和5个设计实验。全书共42个实验，包括10个基础实验、23个实测与仿真综合实验和9个设计实验。

本书由西南大学祝诗平、黄华担任主编。其中第1章由黄华、周胜灵编写，第2章由祝诗平、黄华、周胜灵、徐苓娜、唐超编写，第3章由黄华、徐苓娜、谢菊芳、丁珠玉、张济龙、周渠等编写。全书由祝诗平、黄华负责统稿。

本书在编写过程中，参考和引用了已有教材、相关设备厂家技术资料和其他文献资料，在此向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

本书编写时，力求做到体系结构完整，内容丰富、新颖、实用，叙述方法由浅入深，仿真实验、实物实验、电路设计相结合。本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、电子科学与技术、测控技术与仪表、计算机科学与技术等电类本科专业的“模拟电子技术”“数字电子技术”课程的实验教材，也可作为机械类、材料类、轻纺类等其他非电类相关本科专业的“电子技术”课程的实验教材，还可供从事电子技术的工程人员参考。

由于编者水平所限，加之时间仓促，不妥之处在所难免，恳请各位读者批评指正。

编 者

2018年2月于重庆

目 录

第 1 章	电路设计软件 Altium Designer 18.0 基础	1
1.1	Altium Designer 18.0 软件简介	1
1.2	Altium Designer 18.0 电路设计实例	13
第 2 章	模拟电子技术实验	22
2.1	晶体二极管和三极管测试实验	22
2.2	常用电子仪器的使用实验	26
2.3	晶体管单管共射极放大器实验	31
2.4	共射极放大器 Multisim 14.0 仿真实验	36
2.5	晶体管射极跟随器实验	39
2.6	射极跟随器 Multisim 14.0 仿真实验	43
2.7	场效应管放大器实测与仿真实验	46
2.8	晶体管两级放大器实测与仿真实验	51
2.9	差动放大电路实测与仿真实验	54
2.10	模拟运算电路实测与仿真实验	59
2.11	负反馈放大器实测与仿真实验	65
2.12	电压比较器实测与仿真实验	69
2.13	RC 正弦波振荡器实测与仿真实验	74
2.14	OTL 功率放大电路实测与仿真实验	78
2.15	集成功率放大器实验	82
2.16	晶体管直流稳压电源实测与仿真实验	84
2.17	集成直流稳压电源实测与仿真实验	90
2.18	温度自动报警电路综合设计	94
2.19	声光控制灯开关综合设计	98
2.20	语音滤波放大电路综合设计	101
2.21	超声波发射与接收电路综合设计	104
第 3 章	数字电子技术实验	107
3.1	TTL 和 CMOS 门电路参数的测试	107
3.2	基本门电路的逻辑功能实测与仿真实验	113
3.3	TTL 集电极开路门与三态输出门的实测与仿真实验	118
3.4	集成逻辑电路的连接和驱动实验	123
3.5	半加器、加法器及组合逻辑电路实测与仿真实验	127
3.6	编码器实测与仿真实验	132

3.7	译码器实测与仿真实验	138
3.8	数码管实测与仿真实验	144
3.9	数据选择器和数据分配器实测与仿真实验	149
3.10	触发器实测与仿真实验	154
3.11	计数器实测与仿真实验	164
3.12	单稳态触发器与施密特触发器实测与仿真实验	170
3.13	用门电路产生脉冲信号实验——自激多谐振荡器	177
3.14	555 时基电路及其应用实测与仿真实验	179
3.15	D/A 转换器实测与仿真实验	186
3.16	A/D 转换器实测与仿真实验	191
3.17	智力竞赛抢答装置仿真与设计	195
3.18	随机数据发生器仿真与设计	197
3.19	电子秒表仿真与设计	200
3.20	三位半直流数字电压表设计	205
3.21	拔河游戏机仿真与设计	210
参考文献		215
附录		216
附录 1 模拟电子技术实验箱简介		216
附录 2 部分常用数字集成电路引脚排列图		219

第 1 章 电路设计软件 Altium Designer 18.0 基础

1.1 Altium Designer 18.0 软件简介

Altium 公司(前身为 Protel 国际有限公司)由 Nick Martin 于 1985 年创建于澳大利亚塔斯马尼亚州霍巴特,致力于开发基于 PC 的软件,为印刷电路板提供辅助设计。1999 年发布了 Protel 99 和第二个版本 Protel 99 SE,这些版本提供了更高的设计流程自动化程度,进一步集成了各种设计工具,并引进了“设计浏览器”平台。设计浏览器(DXP)平台允许对电子设计工具、文档管理、器件库等进行无缝集成,它是 Altium 建立涵盖所有电子设计技术的完全集成化设计系统理念的起点。2002 年,Altium 公司重新设计了设计浏览器平台,并发布第一个在新 DXP 平台上使用的产品(Protel DXP)。Protel DXP 是 EDA 行业内第一个可以在单个应用程序中完成整个电路板设计处理的工具。

Altium Designer 18.0 是 Altium 公司 2018 年新推出的一体化的电子产品开发系统,主要运行在 Windows 操作系统。这套软件是原理图设计、电路仿真、PCB 绘制编辑、拓扑逻辑自动布线、信号完整性分析和设计输出等技术的完美融合,为设计者提供了全新的设计解决方案,使设计者可以轻松进行设计。熟练使用这款软件必将使电路设计的质量和效率大大提高。本节简要介绍 Altium Designer 18.0 的基本使用方法,需要深入学习的读者请参考其他 Altium Designer 的专著,或 Altium Designer 的 Help 文档。

1.1.1 Altium Designer 18.0 设计环境

1. Altium Designer 18.0 主界面

Altium Designer 18.0 主页面如图 1.1.1 所示,用户可以使用该页面进行项目文件的操

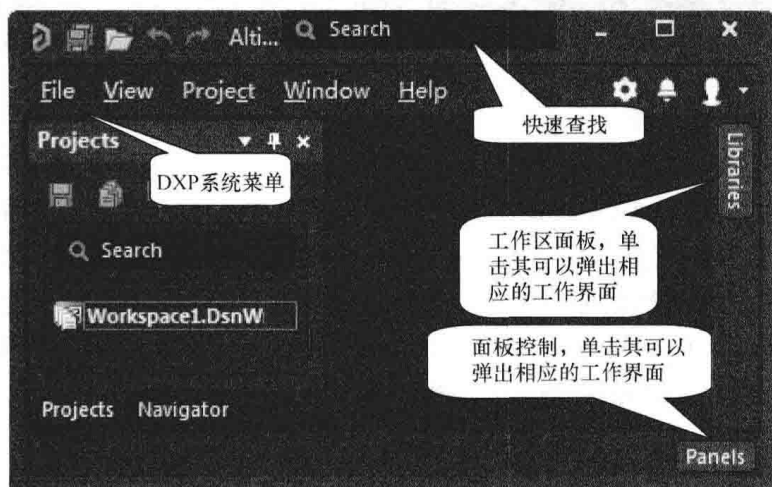


图 1.1.1 Altium Designer 18.0 主页面

作，如创建新项目、打开文件和配置等。

2. 设置 Altium Designer 系统参数

单击主界面右上角的图标，系统将弹出如图 1.1.2 所示的系统参数设置对话框。

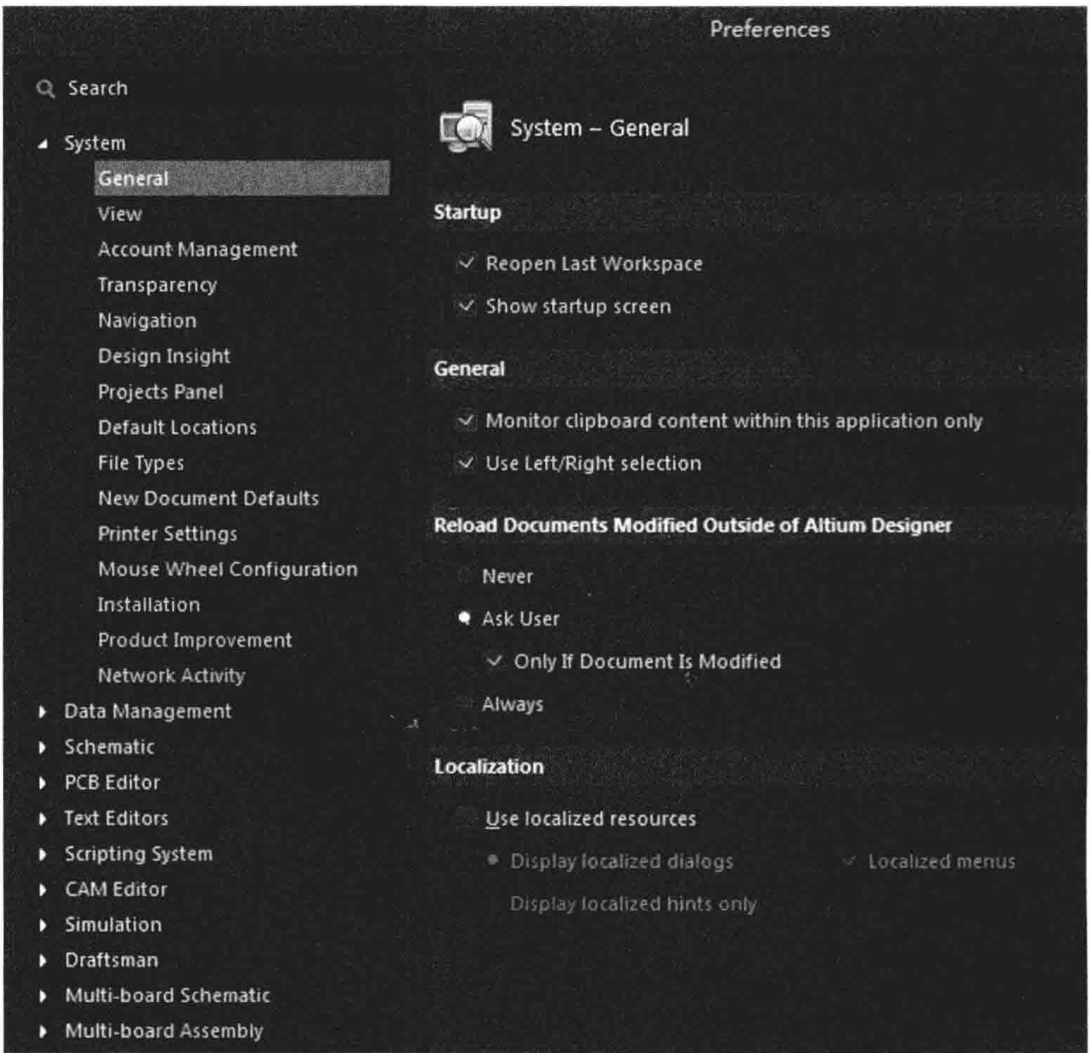


图 1.1.2 系统参数设置对话框

1) System-General 页面

图 1.1.2 所示的 System-General 选项卡用来设置 Altium Designer 的一般系统参数。

(1) Startup 设置框设置每次启动 Altium Designer 后的动作，如果选中 Reopen Last Workspace 复选框，则下次启动 Altium Designer 时打开上次编辑操作的最后一个项目。如果选中 Show startup screen 复选框，则在启动时显示 Altium Designer 启动界面。

(2) 选中 Monitor clipboard content within this application only 复选框后，仅可以在本应用程序中查看剪贴板。

(3) Reload Documents Modified Outside of Altium Designer 有三个选项，选中 Never 单选

按钮，文件在外部修改不被加载；选中 Ask User 单选按钮，文件在外部修改询问用户是否加载；选中 Always 单选按钮，总是加载外部修改的文件。

(4)Localization 可以设置是否使用本地化的资源。更改该选项后需要重启软件才能生效。

2) System-View 页面

图 1.1.3 所示的 System-View 选项卡用来设置 Altium Designer 的桌面显示参数。

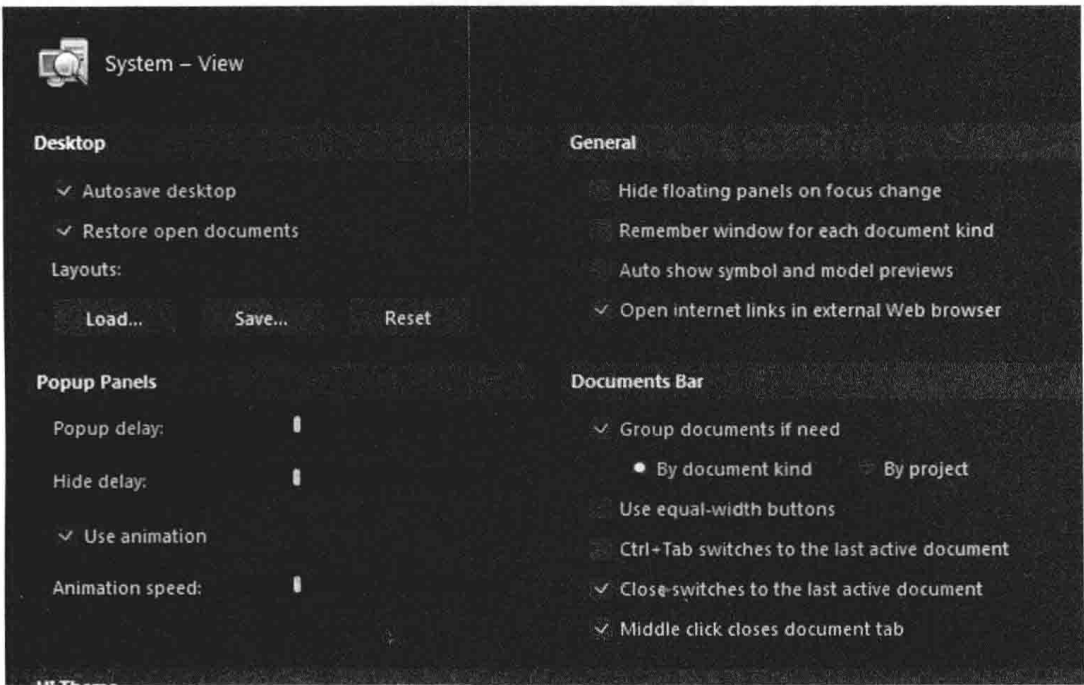


图 1.1.3 系统桌面显示参数设置

(1)Desktop 设置框可设置 Altium Designer 运行的桌面显示情况。当选中 Autosave desktop 复选框后，系统将会在退出 Altium Designer 时自动保存桌面的显示情况，包括面板的位置和可见性、工具条的显示情况等。当选中 Restore open documents 复选框后，系统将会根据前一次的工作状态打开文档。

(2)Popup Panels 设置框用来设置面板的显示方式。Popup delay 用来设置面板弹出的延时，时间越短则弹出速度越快；Hide delay 用来设置面板隐藏的延时，时间越短则隐藏速度越快；选中 Use animation 复选框后则启用活动面板，当用户启动需要操作的面板时，可以设定面板是否直接弹出或者延时。

限于篇幅，系统参数设置的其他相关功能不再一一赘述。

3. Altium Designer 18.0 文件管理

(1)新建项目文件。执行 File/New 命令，从 New 子菜单中选择 Project 选项。图 1.1.4 所示为创建的 PCB 设计项目，该项目文件默认的文件名为 PCB_Project_1，创建了项目后，更改项目名称，然后单击 OK 按钮。创建的项目如图 1.1.5 所示。

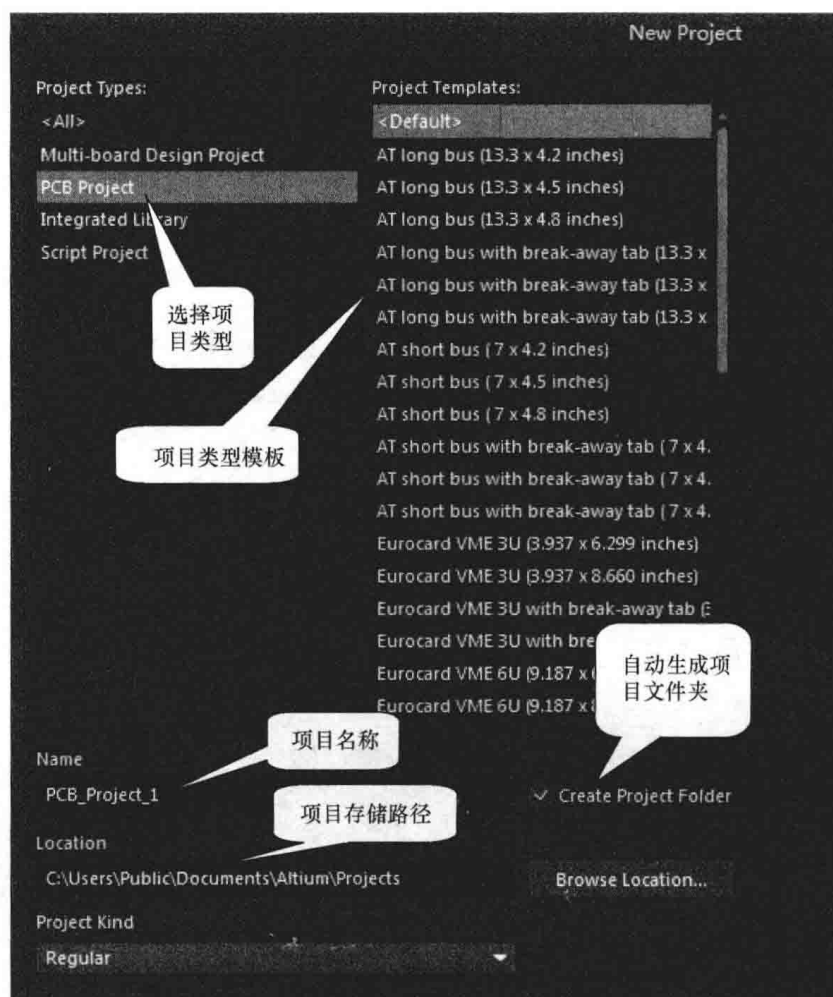


图 1.1.4 建立一个 PCB 项目文件

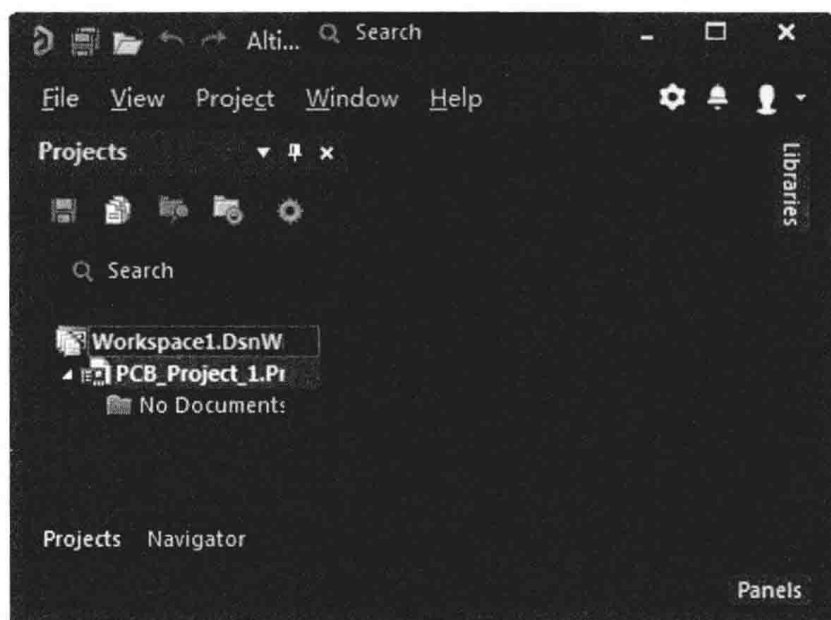


图 1.1.5 直接创建的工程文件

(2)打开已存在的设计项目。执行 File/Open 命令，打开已存在的设计项目库或其他文件。

(3)关闭当前已经打开的设计文件或项目文件。执行快捷菜单中的 Close Project 命令关闭项目。

(4)用户可以直接从 File 菜单中打开最近使用过的文件。Altium Designer 分别提供了 Recent Documents、Recent Projects 和 Recent Workspaces 子菜单，可以很方便地打开使用过的文件或项目文档。

1.1.2 Altium Designer 18.0 项目设置和编译

建立新的 Altium Designer 项目后，可以对其选项进行设置，包括错误检查规则、连接矩阵、比较设置、输出路径和网络表选项，用户也可以指定任何项目规则。设置了项目后，在编辑该项目时，Altium Designer 将使用这些设置。执行 Project/Project Options 命令，系统将弹出如图 1.1.6 所示的 Options for Project 对话框。

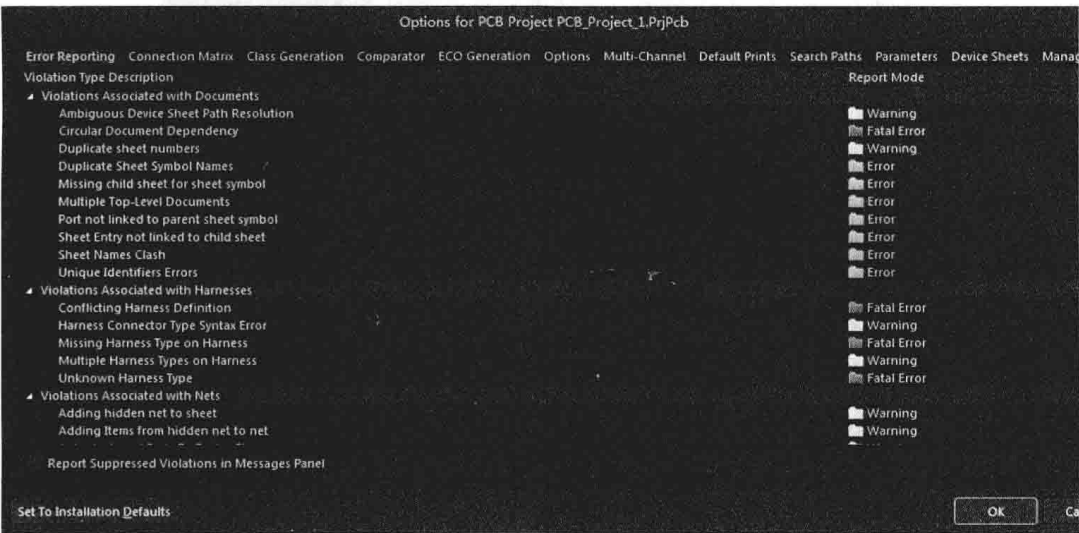


图 1.1.6 Options for Project 对话框

在进行 PCB 设计之前，需要对设计的原理图进行电气参数检查。在 Altium Designer 中，原理图含有关于电路的连接信息。可以使用连接检查器来验证原理图设计的正确性。进行电气参数检查时，可以在 Error Reporting 和 Connection Matrix 选项卡中设置所检查的对象，如果有错误发生，则会显示在 Messages 面板上。

1. 设置错误报告

Options for Project 对话框中的 Error Reporting(错误报告)选项卡用于设置设计草图检查，如图 1.1.6 所示。Report Mode(报告模式)表明违反规则的严格程度。如果要修改 Report Mode，单击需要修改的与违反规则对应的 Report Mode，并从下拉列表中选择严格程度。

2. 设置连接矩阵

Options for Project 对话框中的 Connection Matrix (连接矩阵) 选项卡 (图 1.1.7) 显示的是错误类型的严格性, 将在设计运行电气连接检查时产生错误报告, 如引脚间的连接、元件和图样输入等是否存在错误。这个矩阵给出了在原理图中不同类型的连接点以及这些连接点是否被允许的一个图表描述。

例如, 在矩阵的右边找到 Output Pin, 从这一行找到 Open Collector Pin 列。在它们的相交处有一个方块 (软件中是橙色方块), 表示在原理图中从一个 Output Pin 连接到一个 Open Collector Pin, 在项目被编辑时将启动一个错误提示。

可以用不同的错误程度来设置每一个错误类型, 例如, 对某些非致命的错误不予报告, 修改连接错误的操作方式如下。

(1) 单击 Options for Project 对话框的 Connection Matrix 选项卡, 如图 1.1.7 所示。

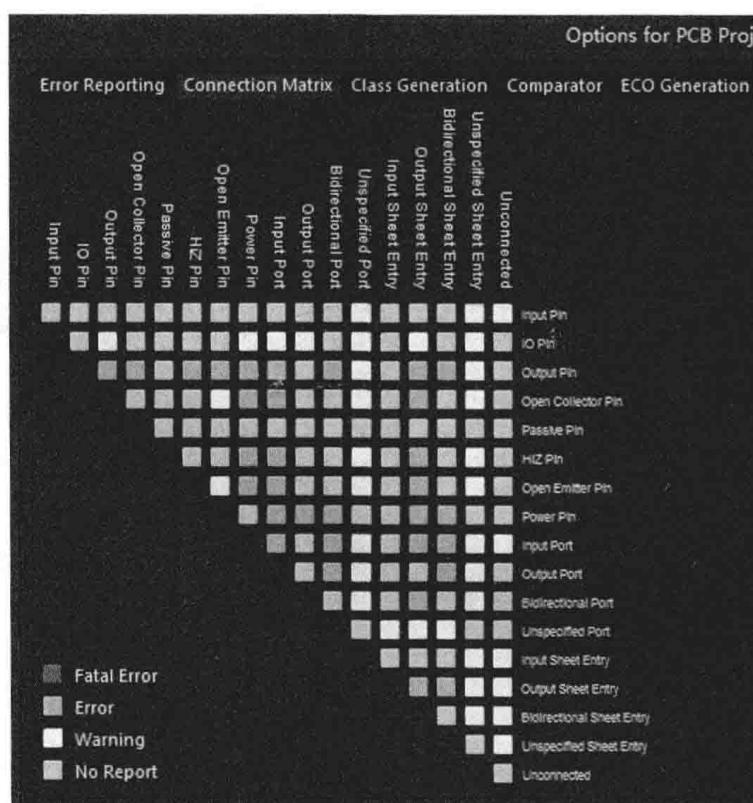


图 1.1.7 Connection Matrix 选项卡

(2) 单击两种类型连接相交处的方块, 如 Input Port 和 Output Sheet Entry。

(3) 在方块变为图例中 Error 表示的颜色时停止单击。例如, 一个橙色方块表示一个错误, 表示这样的连接错误会被发现。

Options for Project 对话框中还包括其他的选项卡, 如 Class Generation (类生成) 选项卡、Comparator (比较器) 选项卡、ECO (工程变化顺序) Generation 选项卡、Options (选项) 选项卡等, 限于篇幅, 本书不再一一介绍。

3. 编译项目

编译一个项目就是在一个调试环境中，检查设计的文档草图和电气规则错误。对于电气规则和错误检查等可以在项目选项中设置。编译项目的操作步骤如下。

(1) 打开需要编译的项目，然后执行 Project/Compile PCB Project 命令。

(2) 当项目被编译时，任何已启动的错误均将显示在设计窗口下部的 Messages 面板中。

如果电路绘制正确，Messages 面板中不会有错误报告。如果报告给出错误，则需要检查电路，并确认所有的导线连接的正确性。

1.1.3 Altium Designer 18.0 原理图设计基础

1. 原理图设计的一般步骤

原理图设计是整个电路设计的基础，它决定了后面工作的进展。一般地说，设计一个原理图的工作包括：设置原理图图纸大小，规划原理图的总体布局，在图纸上放置元件，进行走线，对各元件以及走线进行调整，保存并打印输出。

2. 创建新的原理图文件

当建立了新的项目文档后，执行 File/New/Schematic 命令，系统将创建一个如图 1.1.8 所示的原理图文件，其默认的文件名为 Sheet1.SchDoc。若创建多个原理图文件，则默认的文件名按序号依次排列。

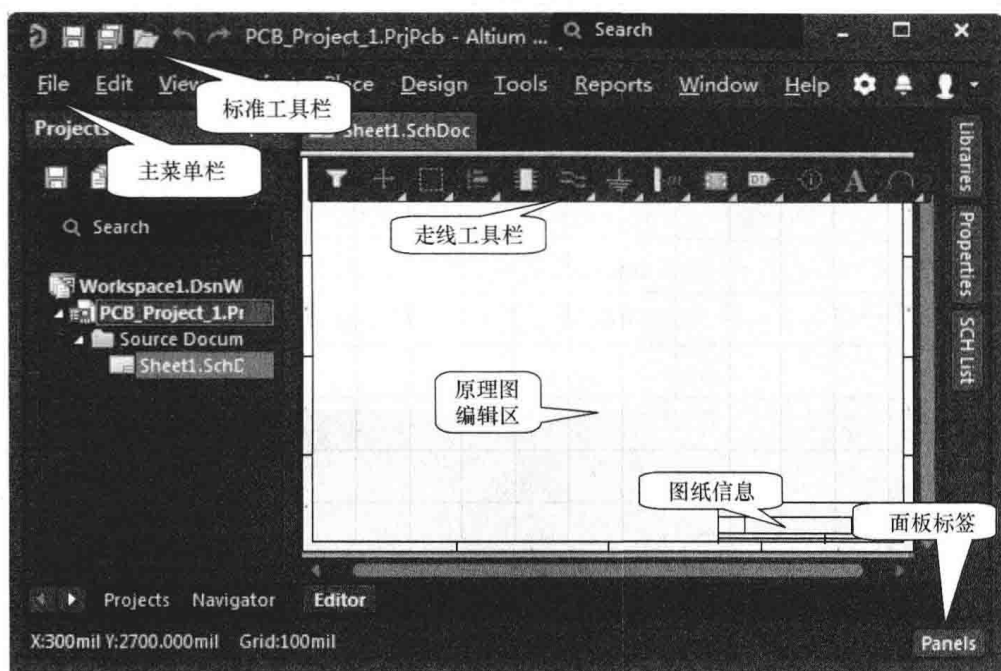


图 1.1.8 新建的原理图文件

然后可以通过执行 File/Save As(或者 Save)命令，将新原理图文件重命名(扩展名为

*.SchDoc)。此时系统弹出如图 1.1.9 所示的对话框，在该对话框中可以指定这个原理图保存的位置和文件名，如 myfirst.schDoc，并单击“保存”按钮。

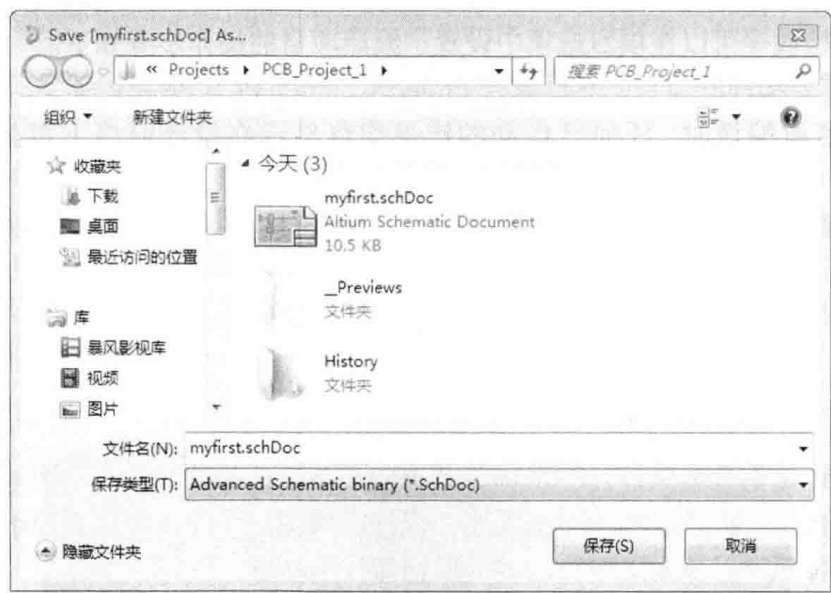


图 1.1.9 保存原理图文件

当建立了新的空白图纸后，会发现工作区发生了变化，主工具栏增加了一组新的按钮，新的工具栏出现，并且菜单栏增加了新的菜单项。现在就可以进行原理图编辑了。

如果已经绘制了一张原理图，并且保存为一个文件，那么可以将该文件直接添加到项目中。用户只需要执行 Project/Add Existing to Project 命令，即可以选择已有的原理图文件，并且可直接添加到项目中。另外，用户还可以直接从 Project 菜单或右键菜单中执行 Project/Add New to Project 命令，向项目添加新的文件，如原理图文件、PCB 文件等。

3. 原理图设计工具栏

Altium Designer 原理图的主窗口界面如图 1.1.8 所示。打开或关闭原理图标准工具栏可执行 View/Toolbars/Schematic Standard 菜单命令，如图 1.1.10 所示。Altium Designer 的工具栏有原理图标 Schematic Standard(准工具栏)、Wiring(走线工具栏)和 Utilities(实用工具栏)等。

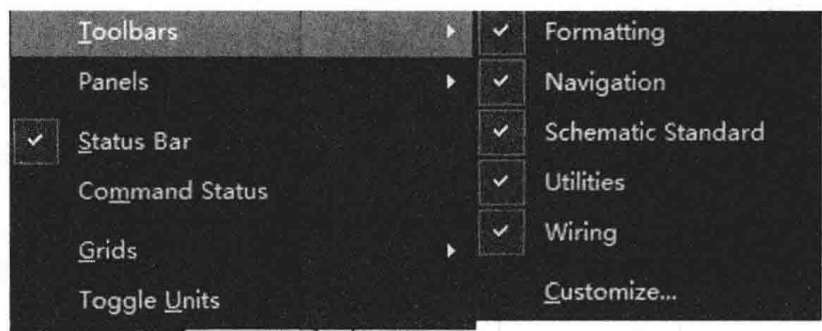


图 1.1.10 装载工具栏菜单

单击实用工具栏上的下三角按钮，会弹出相应的子菜单，绘图子菜单(Drawing Tools)如图 1.1.11 所示，元件位置排列子菜单(Alignment Tools)如图 1.1.12 所示。充分利用这些工具会极大地方便原理图的绘制。

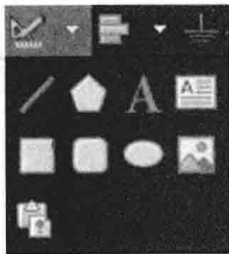


图 1.1.11 绘图子菜单

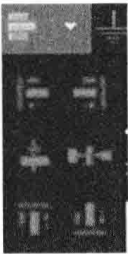


图 1.1.12 元件位置排列子菜单

4. 图纸的放大与缩小

在 Altium Designer 中使绘图区放大或缩小有两种方法。

- 1) 使用键盘实现图纸的放大与缩小
 - (1) 放大。按 PageUp 键，可以放大绘图区域。
 - (2) 缩小。按 PageDown 键，可以缩小绘图区域。
 - (3) 居中。按 Home 键，可以从原来光标下的图纸位置，移位到工作区中心位置显示。
 - (4) 更新。按 End 键，对绘图区的图形进行更新，恢复正确的显示状态。
- 2) 使用菜单放大或缩小图纸显示

在 Altium Designer 中选择 View 菜单来控制图形区域的放大与缩小。View 菜单如图 1.1.13 所示。下面介绍菜单中主要命令的功能。

 - (1) Fit Document。显示整个文件，可以用来查看整张原理图。
 - (2) Fit All Objects。使绘图区中的图形填满工作区。
 - (3) Area。放大显示用户设定的区域。这种方式是通过确定用户选定区域中对角线上两个角的位置，来确定需要进行放大的区域。
 - (4) Around Point。放大显示用户设定的区域。这种方式是通过确定用户选定区域的中心位置和选定区域的一个角位置，来确定需要进行放大的区域。
 - (5) Selected Objects。可以显示放大或缩小所选择的对象。
 - (6) Zoom In 或 Zoom Out。放大/缩小显示区域。
 - (7) Full Screen。全屏显示工作区域。

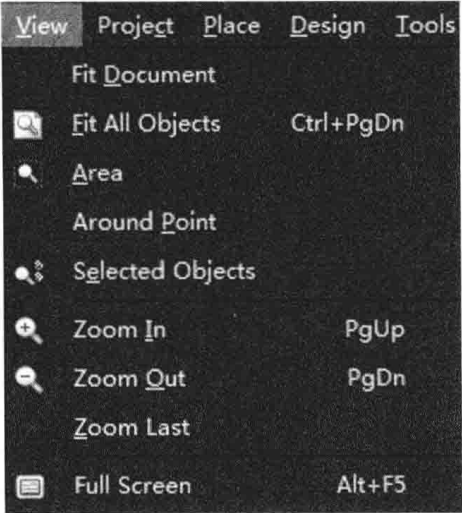


图 1.1.13 View 菜单

1.1.4 Altium Designer 18.0 原理图的环境参数设置

通过执行 Tools/Preferences 命令，系统将弹出如图 1.1.14 所示的参数设置对话框。通

过该对话框可以分别设置原理图环境、图形编辑环境以及默认基本单元等，这些可以分别通过 Schematic 中的 General 选项卡、Graphical Editing 选项卡和 Grids 选项卡等实现。

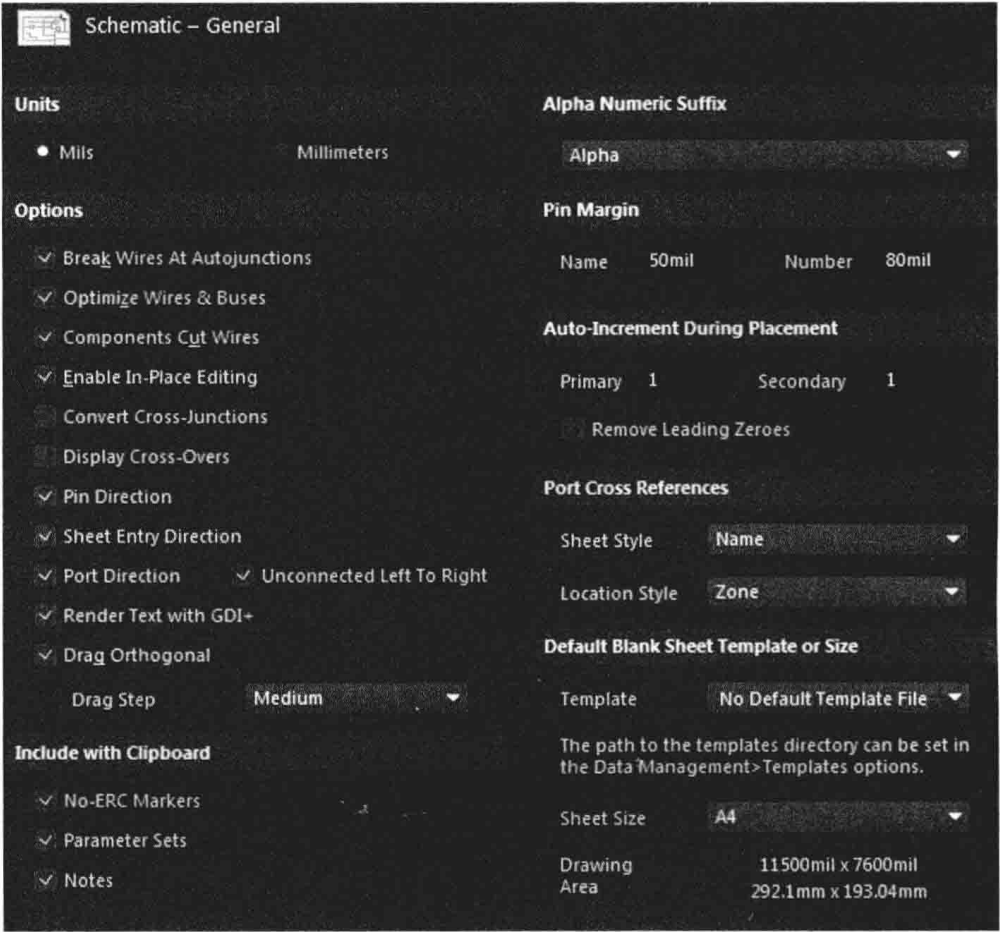


图 1.1.14 参数设置对话框

1. 设置原理图环境

原理图环境设置通过 Schematic 中的 General 选项卡来实现，如图 1.1.14 所示，该选项卡可以设置的参数如下。

1) Units

有两个选项，Mils 为英制，Millimeters 为公制。

2) Options

该复选框的意义分别如下。

(1) Break Wires At Autojunctions。在两个节点处将导线分割。

(2) Optimize Wires & Buses。选中该复选框后，可以防止多余的导线、多段线或总线相互重叠，即相互重叠的导线和总线等会被自动去除。

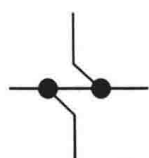
(3) Components Cut Wires。如果选中了 Optimize Wires & Buses 复选框，则 Components Cut Wires 选项也可以操作。选中 Components Cut Wires 复选框后，可以拖动一个元件到原

理图导线上, 导线被切割成两段, 并且各段导线能自动连接到该元件的敏感引脚上。

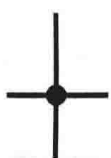
(4) Enable In-Place Editing。选中该复选框后, 用户可以对嵌套对象进行编辑, 即可以对插入的链接对象实现编辑。

(5) Convert Cross-Junctions。选中该复选框后, 当用户在 T 字连接处增加一段导线形成 4 个方向的连接时, 会自动产生两个相邻的三向连接点, 如图 1.1.15 所示。如果未选中该复选框, 则会形成两条交叉的导线, 并且没有电气连接, 如果此时选中 Display Cross-Overs 复选框, 则会显示两个节点, 如图 1.1.15 所示。

(6) Display Cross-Overs。选中该复选框, 则在无连接的十字相交处显示一个拐过的曲线桥, 如图 1.1.16 所示。

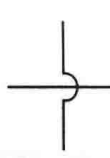


(a) 选中复选框



(b) 未选中复选框

图 1.1.15 Convert Cross-Junctions 选项



(a) 选中复选框



(b) 未选中复选框

图 1.1.16 Display Cross-Overs 选项

(7) Pin Direction。选中该复选框后, 在原理图中会显示元件引脚的方向, 引脚的方向用一个三角符号表示。

(8) Sheet Entry Direction。选中该复选框后, 则层次原理图中入口的方向会显示出来, 否则只显示入口的基本形状, 即双向显示。

(9) Port Direction。选中该复选框, 则端口属性对话框中样式(Style)的设置被 I/O 类型选项所覆盖。

(10) Unconnected Left To Right。该选项只有在选中了 Port Direction 复选框后才有效。当选中该复选框后, 原理图中未连接的端口将显示为由左到右的方向。

(11) Render Text with GDI+。不是所有的字符都能打印出来, 选中这个复选框, 显示字符的打印效果。

(12) Drag Orthogonal。选中该复选框后, 则只能以正交方式拖动或插入元件, 或者绘制图形对象, 如果不选中该复选框, 则以环境所设置的分辨率拖动对象。

3) Alpha Numeric Suffix

设置多元件流水号的后缀, 有些元件内部是由多个元件组成的, 如 74LS04 就是由 6 个非门组成的, 则通过该编辑框就可以设置元件的后缀。

(1) Alpha。选中该选项, 则后缀以字母显示。

(2) Numeric。选中该选项, 则后缀以数字显示。

4) Pin Margin

设置引脚选项, 通过该操作项可以设置元件的引脚号和名称到边界(元件的主图形)的距离。

(1) Name。在该编辑框输入值, 可以设置引脚名称到元件边界的距离。

(2) Number。在该编辑框输入值, 可以设置引脚号到元件边界的距离。