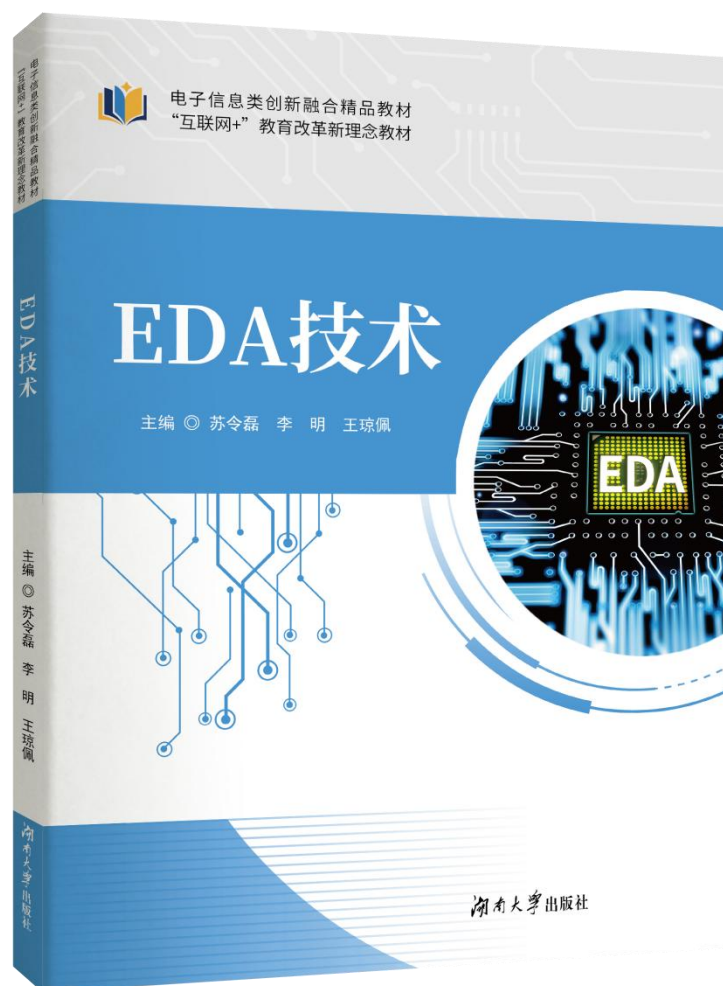


EDA 技术



类目：机械类

书名：EDA 技术

主编：苏令磊 李明 王琼佩

出版社：湖南大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5667-4127-1

使用层次：通用

出版时间：2025 年 7 月

定价：48.00 元

印刷方式：双色

是否有资源：有

电子信息类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材



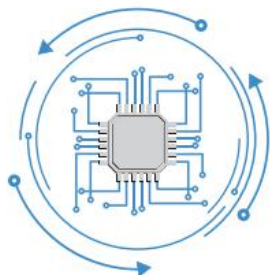
电子信息类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

EDA技术

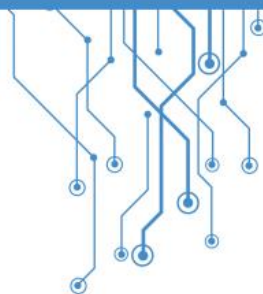
EDA技术

EDA技术

主编 © 苏令磊 李 明 王琼佩



主编 © 苏令磊 李 明 王琼佩



责任编辑：金红艳
封面设计：唐语书装



定价：48.00元

湖南大学出版社

湖南大学出版社

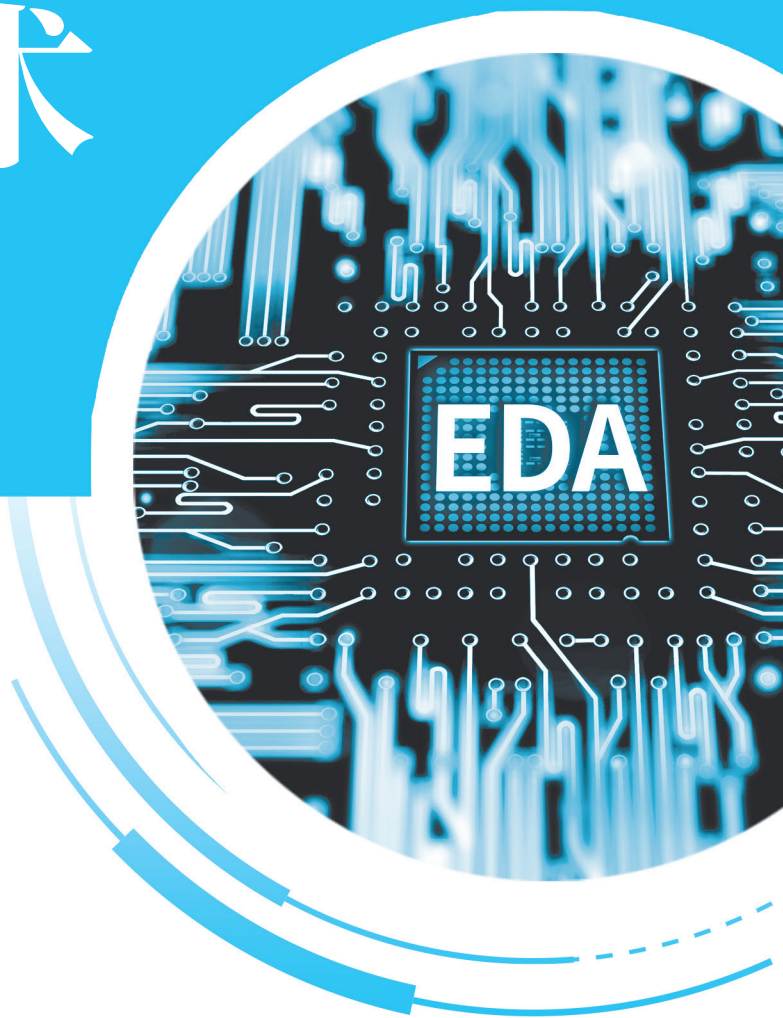


电子信息类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革创新理念教材

EDA 技术

主 编 © 苏令磊 李 明 王琼佩

副主编 © 耿子庆



湖南大学出版社

· 长 沙 ·

图书在版编目(CIP)数据

EDA 技术/苏令磊,李明,王琼佩主编. --长沙:
湖南大学出版社, 2025. 7. --ISBN 978-7-5667-4127-1
I. TN702. 2
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025FP5154 号

EDA 技术

EDA JISHU

主 编: 苏令磊 李 明 王琼佩
责任编辑: 金红艳
印 装: 唐山唐文印刷有限公司
开 本: 889 mm×1 194 mm 1/16 印 张: 12 字 数: 300 千字
版 次: 2025 年 7 月第 1 版 印 次: 2025 年 7 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5667-4127-1
定 价: 48.00 元

出 版 人: 李文邦
出版发行: 湖南大学出版社
社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082
电 话: 0731-88822559(营销部) 88821174(编辑部) 88821006(出版部)
传 真: 0731-88822264(总编室)
网 址: <http://press.hnu.edu.cn>
电子邮箱: xiaoshulianwenhua@163.com

版权所有,盗版必究
图书凡有印装差错,请与营销部联系

前言

EDA 技术就是以计算机为工具，设计者在 EDA 软件平台上使用硬件描述语言 VHDL 完成设计文件，然后由计算机自动完成逻辑编译、化简、分割、综合、优化、布局、布线和仿真等一系列流程，最终实现对特定目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作。EDA 技术的出现极大地提高了电路设计的效率和可靠性，同时显著降低了设计者的劳动强度。

本书本着“理论够用，突出应用”的宗旨，是专为学校培养“技术能手型”学生编写的。在编写过程中，我们总结了近年来不同院校、不同专业在 EDA 技术课程上的教学经验，力求在内容编排、知识结构、理论教学与实践教学等方面，充分体现高等教育的特点。

本书项目一绪论，对 EDA 技术的历史和内容作了一个概括的说明；项目二、项目三介绍了电路原理图编辑、Protel DXP 软件的使用以及怎么样把 Protel DXP 所做的原理图转换成 PCB 板；项目四介绍了 VHDL 硬件描述语言；项目五介绍了 Quartus II 软件及其使用；项目六介绍了数字系统综合设计实例。

Protel DXP 主要应用于电子电路设计与仿真、印制电路板（PCB）设计及大规模可编程逻辑器件的设计，它是第一个将所有设计工具集成于一身、完成从电路原理图到最终印制电路板设计全过程的应用型软件。同时，Protel DXP 将项目管理方式、SCH 图和 PCB 图的双向同步技术、多通道设计、拓扑自动布线、电路仿真等技术进行了完美的结合，成为当今最为流行的电路设计制板软件。Quartus II 开发软件非常强大，本书重点介绍其最基本的内容，包括 Quartus II 原理图输入设计法流程，Quartus II 的 VHDL 输入设计流程，运用 Quartus II 进行设计文件的编辑、编译、仿真及器件编程等内容。也介绍了 VHDL 的基本内容，包括 VHDL 语句与程序结构、语法规则和设计流程等。另外，本书内容的选择和安排，充分反映了 EDA 技术“自顶向下”的设计理念。

本书采用“教-学-做一体化”的编写模式，书中各项目都配有习题，特别适合开展项目式教学。随着现代电子设计的快速发展，相应的教学内容和教学方法也需要不断改进，这其中还有许多值得探讨的研究课题。我们诚挚地欢迎广大读者对书中的不足与疏漏之处提出宝贵意见，以便后续改进完善。

编 者
2025 年 4 月

目 录

 项目一 绪 论	1
任务一 EDA 简介	2
任务二 常用 EDA 软件	5
项目小结	7
习 题	7
 项目二 电路原理图编辑	8
任务一 Protel DXP 软件系统界面	9
任务二 Protel DXP 电路原理图的绘制	11
任务三 调整元件的位置	24
任务四 使用实用工具绘图	29
任务五 电气规则与 PCB 网络表	35
任务六 Protel DXP 库的建立与元件制作	38
任务七 Protel DXP 仿真实例	41
项目小结	51
习 题	51
 项目三 PCB 的设计	52
任务一 PCB 设计流程与环境	53
任务二 生成 PCB 文件	57
任务三 PCB 元件的封装与管理	75
任务四 七阶无源椭圆滤波器 PCB 实例设计	79
项目小结	84
习 题	84

 项目四 VHDL 硬件描述语言	85
任务一 概 述	86
任务二 VHDL 的语言要素	98
任务三 VHDL 的并行语句	117
任务四 VHDL 的顺序语句	127
任务五 VHDL 程序设计实例	142
项目小结	145
习 题	145
  项目五 Quartus II 软件及其使用	146
任务一 Quartus II 软件的主界面	147
任务二 Quartus II 图形编辑输入法	149
任务三 Quartus II 器件编程	160
任务四 原理图输入法中的层次化设计	167
项目小结	169
习 题	169
  项目六 数字系统综合设计实例	170
任务一 半整数分频器的设计	171
任务二 交通灯控制器	173
任务三 正负脉宽数控调制信号发生器的设计	176
任务四 数字秒表的设计	179
  附录	183
 参考文献	186

项目一

绪 论



任务一

EDA 简介

任务描述：熟悉 EDA 技术的含义；

了解 EDA 的发展历程；

了解 EDA 的发展趋势。

任务分析：EDA 是指以计算机为工作平台，融合应用电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果而研制成的电子 CAD 通用软件包，主要辅助进行三方面的设计工作，即 IC 设计、电子电路设计、PCB 设计。本任务主要是对 EDA 技术的基本含义、发展历程及发展趋势进行重点讲述。

一、EDA 技术概述

1. EDA 技术的含义

EDA(electronic design automation)技术，即电子设计自动化技术，是一种以计算机作为工作平台，以 EDA 软件工具为开发环境，以硬件描述语言和电路图描述为设计入口，以可编程逻辑器件为试验载体，以 ASIC、SOC 和 SOPC 嵌入式系统为设计目标，以数字系统设计为应用方向的电子产品自动化设计技术。它是融合了电子技术、计算机技术、信息处理技术、智能化技术等最新成果而开发的高新技术，是现代电子系统设计、制造不可缺少的技术。EDA 技术涉及面广，包含描述语言、软件、硬件等多方面知识。

2. EDA 技术的基本特征

EDA 技术代表了当今电子设计技术的最新发展方向，它是电子设计领域的一场革命。它的基本特征是：设计人员按照“自顶向下”的设计理念，对整个系统进行方案设计和功能划分，然后采用硬件描述语言(hardware description language, HDL)完成系统行为分级设计，最后通过综合和适配生成最终的目标器件。这样的设计方法被称为高层次的电子设计方法。

3. EDA 技术的主要内容

(1)可编程逻辑器件。可编程逻辑器件是一种由用户编程以实现某种逻辑功能的新型器件。可编程逻辑器件也称为可编程 ASIC，它是 EDA 技术的物质基础。

(2)硬件描述语言。VHDL 语言是 EDA 技术的重要组成部分，它是一种用于描述硬件电子系统的计算机语言，它用软件编程的方式来描述电子系统的逻辑功能、电路结构和连接形式。

(3)软件开发工具。EDA 软件开发工具是 EDA 技术的强有力支持。EDA 软件开发工具是指以工作站或高配置计算机为基本工作平台，利用计算机图形学、拓扑逻辑学、计算数学和人工智能等多种应用学科的最新成果而开发出来的一套软件工具，它是一种帮助设计工程师进行电子系统设计的辅助工具。



EDA 是什么

4. EDA 与传统电子设计方法的比较

传统电子设计方法的缺点有：设计和调试十分困难，查找和修改十分不便，大量文档不易管理，可移植性差，只有在设计出样机或生产出芯片后才能进行实测等。EDA 技术与其相比，有很大不同，具体包括以下几方面：

- (1) 采用硬件描述语言作为设计输入。
- (2) 库的引入。
- (3) 设计文档的管理。
- (4) 具有强大的系统建模、电路仿真功能。
- (5) 具有自主知识产权。
- (6) 标准化、规范化及 IP 核的可利用性。
- (7) 自顶向下的设计方案。
- (8) 自动设计、仿真和测试技术。
- (9) 对设计者的硬件知识、经验要求低。
- (10) 高速性能好。
- (11) 纯硬件系统的高可靠性。

5. EDA 开发流程

EDA 的开发流程如图 1-1 所示，主要包括以下内容。

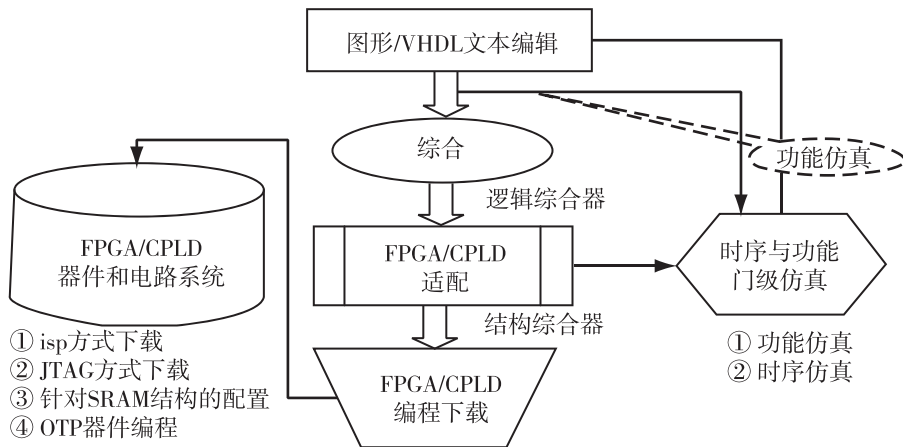


图 1-1 应用于 FPGA/CPLD 的 EDA 开发流程

(1) 设计输入(图形/VHDL 文本编辑)。

① 图形输入。图形输入是指在 EDA 软件的图形编辑界面上绘制用以完成特定功能的电路原理图、波形图及状态图。

② VHDL 文本输入。VHDL 文本输入是指将使用了某种硬件描述语言的电路设计文本(如 VHDL 的源程序)进行编辑输入。

(2) 综合。整个综合过程就是指将设计者在 EDA 平台上编辑输入的 VHDL 文本、原理图或状态图形描述，依据给定的硬件结构组件和约束控制条件进行编译、优化、转换和综合，最终获得门级电路甚至更底层的电路描述文件。

(3)适配。适配是指将由综合器产生的网络表文件配置于指定的目标器件中,使之产生最终的下载文件,如 JEDEC、Jam 格式的文件。

(4)时序仿真与功能仿真。时序仿真是指接近真实器件运行特性的仿真;功能仿真是指直接对 VHDL、原理图描述或其他描述形式的逻辑功能进行测试模拟。

(5)编程下载与硬件测试。

6. 常用的 EDA 工具

常用的 EDA 工具包括设计输入编辑器、HDL 综合器(FPGA Compiler II、DC-FPGA 综合器、Synplify Pro 综合器、Leonardo Spectrum 综合器、Precision RTL Synthesis 综合器等)、仿真器(VHDL 仿真器、Verilog 仿真器、Mixed HDL 仿真器、其他 HDL 仿真器等)、适配器和下载器。

二、EDA 技术的发展

1. EDA 技术的发展概况

EDA 技术发展迅猛,可以用日新月异来形容。从 20 世纪 70 年代以来,在计算机技术和集成电路制造技术的推动下,EDA 技术水平不断提高,使其应用越来越广泛,现在已涉及各行各业。EDA 技术发展至今,经历了三个阶段:计算机辅助设计(computer aided design, CAD)、计算机辅助工程设计(computer aided engineering design, CAE)和电子设计自动化(EDA)。

(1)CAD 阶段。20 世纪 70 年代出现的电子线路的 CAD 是 EDA 发展的初级阶段。它利用计算机的图形编辑、分析和存储等能力,协助工程师进行电子系统的集成电路(Integrated circuit, IC)版图编辑和印制电路板(printed circuit board, PCB)布局布线,取代了手工操作。它可以减少设计人员的烦琐重复劳动,但自动化程度低,需要人工干预整个设计过程。这类专用软件大多以微型计算机为工作平台,易于学习和使用,设计中小规模电子系统可靠有效。现仍有很多这类专用软件被广泛应用于工程设计,由此产生了计算机辅助设计的概念。

(2)CAE 阶段。20 世纪 80 年代初期至 20 世纪 90 年代初期为 CAE 阶段。CAE 与 CAD 相比,除了纯粹的图形绘制功能外,该阶段已具备了设计自动化的功能。其主要特征是既具备了自动布局布线和电路的计算机仿真、分析和验证功能,又增加了电路功能设计和结构设计,并且通过电气连接网络表将两者结合在一起,以实现工程设计。因此,CAE 的作用已不仅仅是辅助设计,还可以代替人进行某种思维。CAE 的主要功能有原理图输入、逻辑仿真、电路分析、自动布局布线、PCB 分析。

(3)EDA 阶段。20 世纪 90 年代至今是高级 EDA 阶段,又称为电子设计自动化阶段。过去传统的电子产品的设计方法是采用“自底而上”的顺序。依照这种顺序,设计者先对系统结构分块,直接进行电路级的设计。这种设计方式使设计者不能预测下一阶段的问题,而且每一阶段是否存在问题,只有在系统整机调试时才能确定,也很难通过局部电路的调整使整个系统达到预定的功能和指标,因此,它不能保证设计一举成功。EDA 技术高级阶段采用一种新的“自顶向下”的设计顺序和“并行工程”的设计方法。依照这种方法,设计者的精力主要集中在所要设计系统的准确定义上,使 EDA 系统自动完成电子产品的系统级到物理级的设计。

2. EDA 的发展趋势

EDA 技术在进入 21 世纪后,得到了更大的发展,突出表现在以下几个方面:

- (1)使电子设计成果以自主知识产权的方式得以明确表达和确认成为可能。
- (2)在仿真和设计两方面支持标准硬件描述语言和功能强大的 EDA 软件不断推出。
- (3)电子技术全方位纳入 EDA 领域。
- (4)EDA 使得电子领域各学科的界限更加模糊,更加互为包容。
- (5)更大规模的 FPGA 和 CPLD 器件不断推出。
- (6)基于 EDA 工具的 ASIC 设计标准单元已涵盖大规模电子系统及 IP 核模块。
- (7)软硬件 IP 核在电子行业的产业领域、技术领域和设计应用领域得到进一步确认。
- (8)SOC 高效低成本设计技术的成熟。
- (9)系统级、行为验证级硬件描述语言的出现,使设计和验证趋于简单。

任务二

常用 EDA 软件

任务描述: 熟悉 Protel DXP 软件的特性及配置要求;

了解 Quartus II 软件的概况。

任务分析: 本任务主要是对 Protel DXP 软件特性及配置要求和 Quartus II 软件的使用方法进行重点讲述。

一、Protel DXP 软件简介

1. Protel 简介

随着电子技术的迅速发展和芯片生产工艺的不断提高,现在的电子电路板变得越来越复杂,芯片越来越小,且封装方式各异。电路板的布线密度越来越高,从单面板、双层板到制作复杂的多层板,使用手工设计电子线路板已经变得不现实了。Protel、Power PCB 等电子线路自动设计工具就为解决这个问题而发展起来。Protel 是目前 EDA 行业中使用最方便、操作最快捷、人性化界面最好的辅助工具。

Protel 是 Protel 公司在 20 世纪 80 年代末推出的 EDA(电子设计自动化)软件,在电子行业的 EDA 软件中,它排在众多 EDA 软件的前面,是电子设计者的首选软件,它较早就在国内开始使用,在国内的普及率最高,几乎所有的电子公司都用到它。

早期的 Protel 主要作为印制板自动布线工具使用,运行在 DOS 环境,它的功能较少,只具有原理图绘制与印制板设计功能,而印制板自动布线的布通率很低。现今的 Protel 已发展到 AD 6,它是一个庞大的 EDA 软件,具有完整的板级全方位电子设计系统,包含原理图绘制、模拟电路与数字电路混合信号仿真、多层印制电路板设计(包含印制电路板自动布线)、可编程

逻辑器件设计、图表生成、电子表格生成、支持宏操作等功能，其中多层印制电路板的自动布线可实现高密度 PCB 的 100% 布通率。

2. Protel DXP 的新增功能与特性

Protel DXP 新增功能与特性主要体现在以下几个方面：

- (1) Protel DXP 使各种设计工具更加紧密地集成，大大提高了同步化程度。
- (2) Protel DXP 与 Microsoft Windows XP 相适应，使界面更加协调。
- (3) Protel DXP 支持自由的非线性设计流程，即双向同步设计。
- (4) Protel DXP 支持 VHDL 设计和混合模式设计。
- (5) Protel DXP 增强了电路原理图与电路板之间的双向同步设计功能。
- (6) Protel DXP 支持多重组态设计，对于同一个文件，可以指定使用或不使用其中的某些元件，然后形成元件表或插置文件等。
- (7) 集成式元件与元件库。
- (8) 可接受设计者自定义的元件与参数。
- (9) 强化设计检验。
- (10) 强大的尺寸线工具。
- (11) 可直接在电路板内进行信号的分析。
- (12) 波形数据的输入与输出。

3. Protel DXP 的系统配置要求

(1) 硬件方面。

- ① CPU：Pentium PC 或赛扬 2GB 以上。
 - ② 内存：256MB 以上。
 - ③ 显存：32MB 以上。
 - ④ 硬盘空间：至少 620MB。
 - ⑤ 显示器：分辨率为 1024×768，色彩为 16 Bit。
- (2) 操作系统方面。操作系统方面有 Windows XP 或 Windows 10。

二、Quartus II 简介

Quartus II 是 Altera 公司在 21 世纪初推出的 CPLD/FPGA 集成开发环境，它是该公司前一代 CPLD/FPGA 集成开发环境 MAX+PLUS II 的更新换代产品。

Quartus II 提供了一种与结构无关的设计环境，其界面友好，使设计者能方便地进行设计输入、快速处理和器件编程。

Quartus II 提供了完整的多平台设计环境，能满足各种特定设计的需要。Quartus II 是单片机可编程系统(SOPC)设计的综合性环境和 SOPC 开发的基本设计工具。Quartus II 与 MATLAB 和 DSP Builder 结合，可以进行基于 FPGA 的 DSP 系统开发，是 DSP 硬件系统实现 EDA 工具的关键。Quartus II 可以直接利用第三方的综合工具(如 Leonardo Spectrum)，并能直接调用这些工具。Quartus II 具备仿真功能，同时也支持第三方的仿真工具(如 ModelSim)。

Quartus II 包括模块化的编译器。Quartus II 在对设计进行处理时可以进行全编译，也可以

单独运行其中的某个功能模块。Quartus II 还包含许多十分有用的 LPM 模块，它们是复杂或高级系统构建的重要组成部分。

Quartus II 软件加强了网络功能，它具有最新的 Internet 技术，设计人员可以直接通过 Internet 获得 Altera 公司的技术支持。Altera 公司与商业界处于领先地位的 EDA 工具厂商组成 ACCESS 联盟，确保了 Altera EDA 工具与支持这些 Altera 器件的 EDA 工具之间的顺畅接口。Altera 公司致力于提供电路设计人员都非常熟悉的逻辑开发环境。

Altera 公司的新一代开发软件 Quartus II 支持器件种类繁多，如 APEX20K、Cyclone、APEX II、Excalibur、Mercury 以及 Stratix 等新器件系列。

Quartus II 支持多时钟定时分析、LogicLock 基于块的设计、SOPC、内嵌 SignalTap II 逻辑分析仪、功率估计器等高级工具。

Quartus II 包含有 MAX+PLUS II 的 GUI，有利于 MAX+PLUS II 的工程平稳地过渡到 Quartus II 开发环境。

项目小结

人类社会已发展到高度发达的信息化社会，信息社会的发展离不开电子产品的进步。现代电子产品在性能提高、复杂度增大的同时，价格却一直呈下降趋势，而且产品更新换代的步伐也越来越快，实现这种进步的主要因素是生产制造技术和电子设计技术的发展。前者以微细加工技术为代表，目前已进入深亚微米阶段，可以在几平方厘米的芯片上集成数千万个晶体管。后者的核心就是 EDA 技术，没有 EDA 技术的支持，想要完成超大规模集成电路的设计制造是不大可能的，反过来，生产制造技术的不断进步又必将对 EDA 技术提出新的要求。本项目主要对 EDA 技术的发展历程、发展趋势进行介绍，同时介绍了几种常用 EDA 软件的概况，使读者对全书的整体设计思路有所了解。

习 题

1. 简述 EDA 技术的含义。
2. EDA 与传统电子设计方法比较有哪些优缺点？
3. Protel 系列推出的 AD 6 与 Protel 99 SE 比较有什么优点？
4. Protel DXP 的系统配置有哪些要求？

项目二

电路原理图编辑



任务一

Protel DXP 软件系统界面

任务描述：熟悉 Protel DXP 系统的主界面。

任务分析：本任务主要介绍 Protel DXP 系统的主界面。

Protel DXP 主界面包括主菜单、工具栏、任务选择区、任务管理栏等部分，如图 2-1 所示。

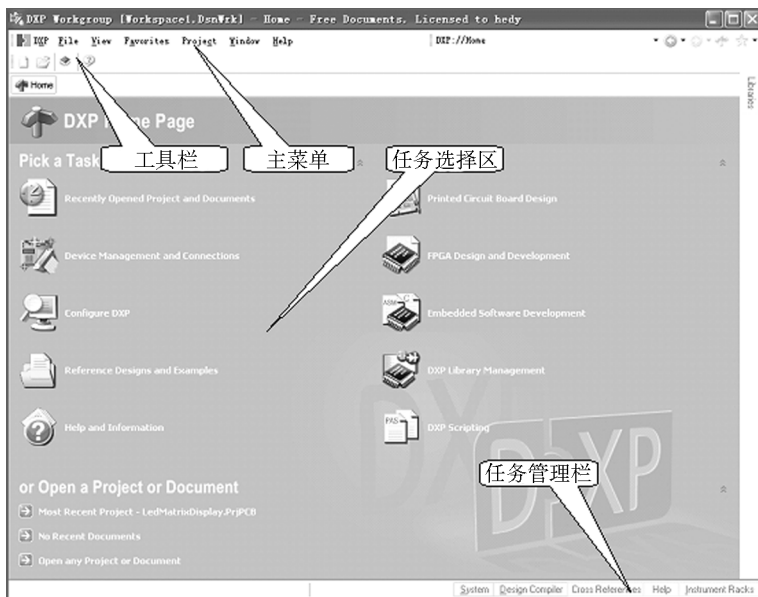


图 2-1 Protel DXP 主界面

1. 主菜单

主菜单包括 DXP、File、View、Favorites、Project、Windows 和 Help 七个部分。

DXP：主要实现对系统的设置管理及仿真；File：实现对文件管理；View：显示管理菜单、工具栏等；Favorites：收藏菜单；Project：项目管理菜单；Windows：窗口布局管理菜单；Help：帮助文件管理菜单。

2. 工具栏

工具栏所列的是菜单中的快捷键，如图 2-2 所示，主要用于快速打开或管理文件。

3. 任务选择区

任务选择区包含多个图标，单击对应的图标便可启动相应的功能。任务区图标的说明如表 2-1 所示。



打 开 文 档	打 开 文 档	FPGA 芯 片 选 择	帮 助
管 理 窗 口	管 理 窗 口		

图 2-2 工具栏

表 2-1 任务选择区图标及功能

图标	功能	图标	功能
 Recently Opened Project and Documents	最近的项目和文件	 Printed Circuit Board Design	新建电路设计项目
 Device Management and Connections	器件管理	 FPGA Design and Development	FPGA 项目创建
 Configure DXP	配置 DXP 软件	 Embedded Software Development	打开嵌入式软件
 Reference Designs and Examples	打开参考例程	 DXP Scripting	打开 DXP 脚本
 Help and Information	打开帮助索引	 DXP Library Management	器件库管理

4. Protel DXP 的文档组织结构

Protel DXP 以工程项目为单位实现对项目文档的组织管理，通常一个项目包含多个文件，Protel DXP 的文档组织结构如图 2-3 所示。

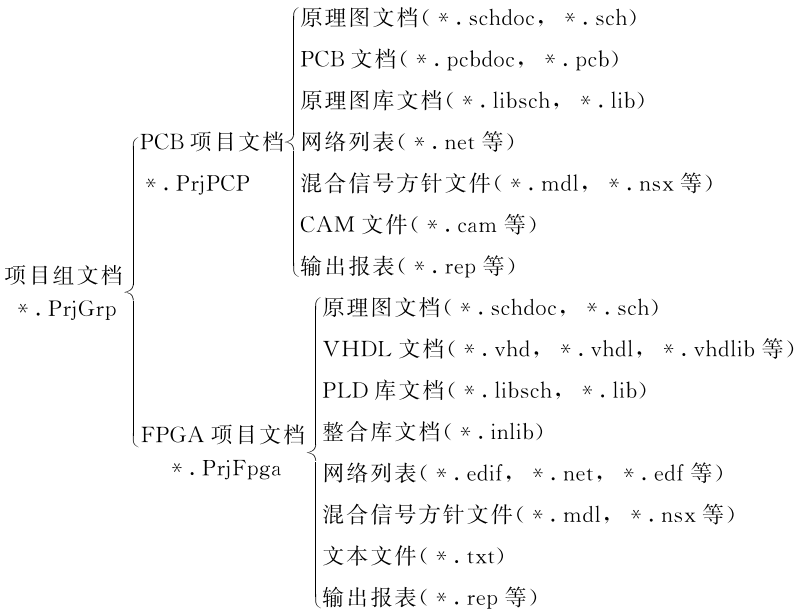


图 2-3 Protel DXP 的文档组织结构

任务二

Protel DXP 电路原理图的绘制

任务描述：熟悉 Protel DXP 电路原理图的绘制流程；

熟悉 Protel DXP 的新建工程项目；

熟悉 Protel DXP 的新建原理图文件；

熟悉 Protel DXP 原理图图纸的设置；

熟悉 Protel DXP 的放置元件；

熟悉 Protel DXP 的连接电路。

任务分析：原理图设计是电路设计的基础，只有在设计好原理图的基础上才可以进行印制电路板的设计和电路仿真等。本任务详细介绍了如何设计电路原理图、编辑和修改原理图。通过本任务的学习，我们要掌握原理图设计的过程和技巧。

一、电路原理图的绘制流程

电路原理图的绘制流程如图 2-4 所示，其包含 8 个具体的设计步骤。

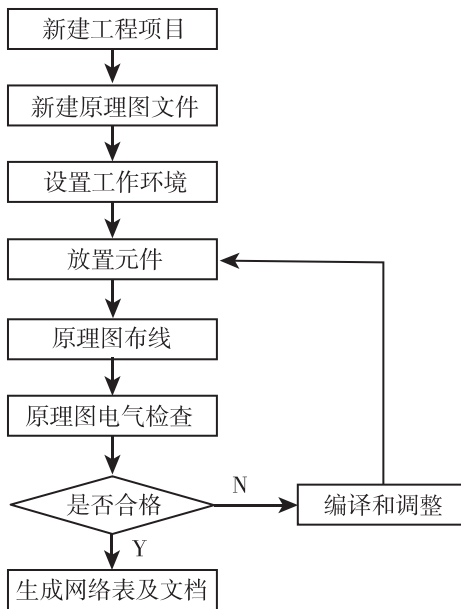


图 2-4 电路原理图绘制流程

(1)新建工程项目。新建一个 PCB 工程项目，PCB 设计中的文件都包含在该项目下。

(2)新建原理图文件。在进入 SCH 设计系统之前，首先要构思好原理图，即必须知道所设计的项目需要哪些电路来完成，然后用 Protel DXP 来画出电路原理图。

(3)设置工作环境。根据实际电路的复杂程度来设置图纸的大小。在电路设计的整个过程

中，图纸的大小都可以不断地调整。设置合适的图纸大小是完成原理图设计的第一步。

(4)放置元件。从组件库中选取组件，布置到图纸的合适位置，并对元件的名称、封装进行定义和设定，根据组件之间的走线对元件在工作平面上的位置进行调整和修改，使得原理图美观、易懂。

(5)原理图布线。根据实际电路的需要，利用 SCH 提供的各种工具、指令进行布线，并将工作平面上的器件用具有电气意义的导线、符号连接起来，构成一幅完整的电路原理图。

(6)原理图电气检查。当完成原理图布线后，需要设置项目选项来编译当前项目，利用 Protel DXP 提供的错误检查报告修改原理图。

(7)编译和调整。如果原理图已通过电气检查，就可以生成网络表，完成原理图的设计了。对于一般电路设计而言，尤其是较大的项目，通常需要对电路进行多次修改才能够通过电气检查。

(8)生成网络表及文件。完成上面的步骤以后，就可以看到一张完整的电路原理图了，但是要完成电路板的设计，还需要生成一个网络表文件。网络表是连接电路板和电路原理图之间的重要纽带。Protel DXP 提供了利用各种报表工具生成的报表(如网络表、组件清单等)，同时可以对设计好的原理图和各种报表进行存盘和输出打印，也为印制电路板的设计做好准备。

二、新建工程设计项目

在 Protel DXP 中，一个项目包括所有文件夹的连接和与设计有关的设置。一个项目文件，例如 * * *.PrjPCB，是一个 ASCII 文本文件，用于列出在项目里有哪些文件以及有关输出的配置，例如打印和输出 CAM。那些与项目没有关联的文件称作“自由文件”(free documents)，而与原理图和目标输出的连接，例如 PCB、FPGA、VHDL 或封装库，将添加到项目中。一旦项目被编辑，设计验证、同步和对比就会产生。

本项目以如图 2-5 所示的一个由多谐振荡器组成的电子彩灯电路原理图的绘制及 PCB 设计为例，讲授 Protel DXP 元件的使用。

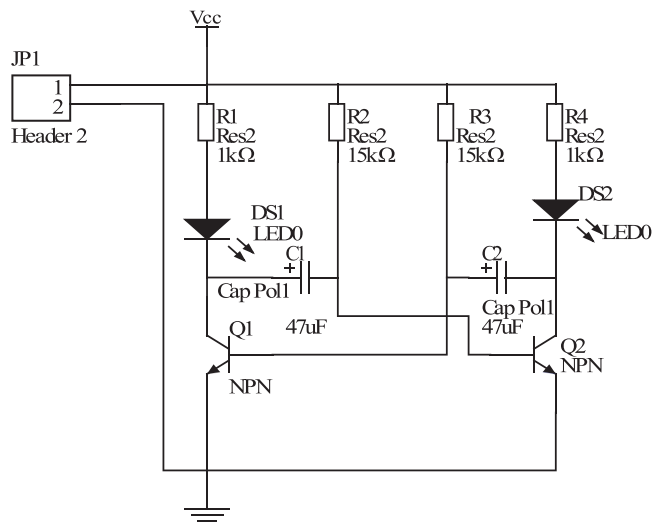


图 2-5 电子彩灯电路原理图

建立各种类型的新项目的步骤都是相同的。现以 PCB 项目为例,说明建立一个新项目的步骤。首先要创建一个项目文件,然后创建一个空的原理图图纸以添加到新的项目中。

(1) 创建一个新的 PCB 项目工程文件。在设计窗口的 Pick a Task 区中单击“Printed Circuit Board Design”选项,弹出如图 2-6 所示的界面,单击“New Blank PCB Project”即可。如果这个面板未显示,执行“File”→“New”命令,或单击设计管理面板底部的“Files”标签,使创建的新项目文件“PCB Project1.PrjPCB”与“no documents added”文件一起在 Projects 中列出,如图 2-7 所示。

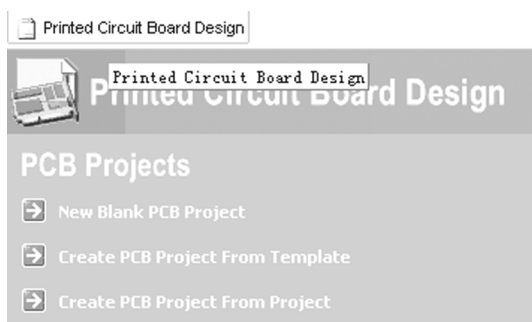


图 2-6 PCB 项目创建界面

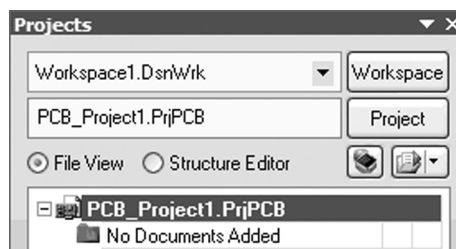


图 2-7 新的工程项目文件

(2) 通过执行“File”→“Save Project As”命令将新项目重命名(扩展名为*.PrjPCB)。指定把这个项目保存在硬盘上的位置,在文件名栏里输入“zdqPCB.PrjPCB”,并单击“Save”按钮。

三、新建原理图文件

为项目创建一个新的原理图图纸,按照以下步骤来完成:

(1) 执行“File”→“New”命令,并单击“Schematic Sheet”按钮。

如图 2-8 所示,一个名为“Sheet1.SchDoc”的原理图图纸出现在设计窗口中,并且原理图文件被自动地添加(连接)到项目中。

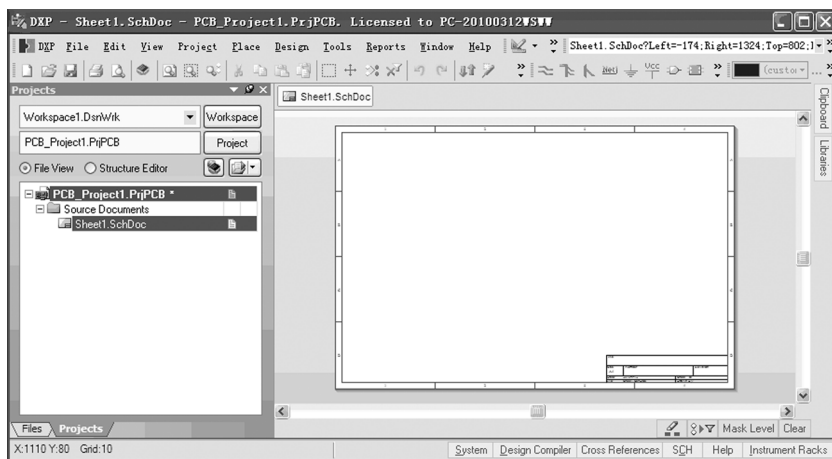


图 2-8 新建原理图图纸界面

(2)通过执行“File”→“Save As”将新原理图文件重命名(扩展名为*.SchDoc)。指定这个原理图保存在硬盘中的保存位置,在文件名栏输入“zdq.SchDoc”,并单击“Save”按钮。

接下来便可以自定义工作区的许多选项。例如,可以重新放置浮动的工具栏,具体操作步骤是:单击并拖动工具栏的标题区,然后移动鼠标重新定位工具栏,可以将其移动到主窗口区的左边、右边、上边或下边。

(3)项目文件的添加及删除。具体的操作步骤如下。

①将原理图图纸添加到项目中。如果要将一个现有的原理图文件“Sheet2.Schdoc”添加到现有的“zdqPCB_Project2”项目文件中,可在“Projects”项目管理栏中,选中“zdqPCB_Project2”项目,单击右键,在弹出如图 2-9(a)所示的对话框中选择“Add Existing to Project”。然后找到“sheet2.Schdoc”所在位置,选中该文件,单击“OK”按钮,如图 2-9(b)所示,“sheet2.Schdoc”就被添加到项目中了。

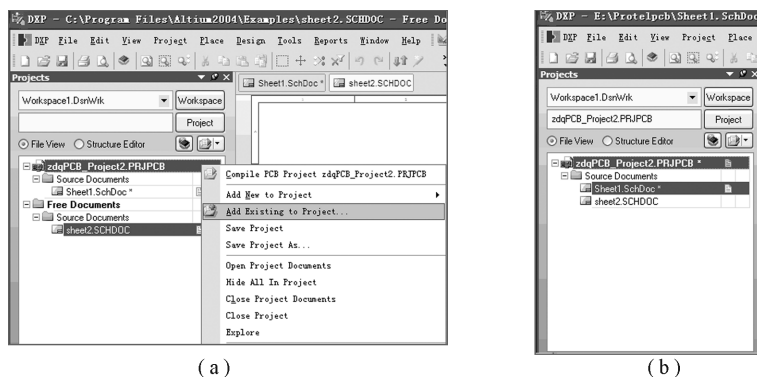


图 2-9 添加已有文件到项目中

②文件的移除。如果想从项目中移除文件,可将光标移到欲删除的文件上,单击右键,弹出如图 2-10 所示的菜单。在菜单中选择“Remove from Project”选项,并在弹出的确认删除对话框中单击“Yes”按钮,即可将此文件从当前项目中删除。

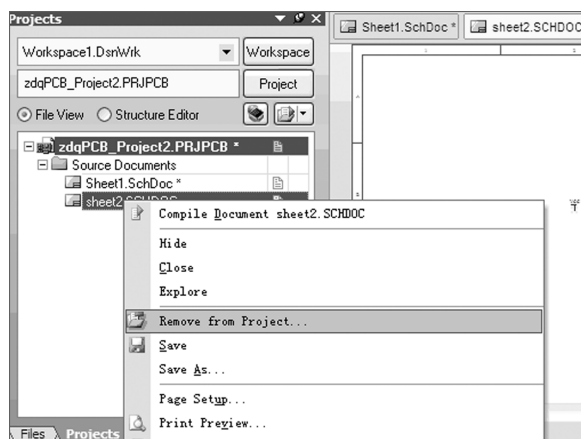


图 2-10 从项目中移除文件

四、设置原理图图纸

在开始绘制电路图之前首先要做的是设置正确的文件选项。执行“Design”→“Document Options”命令，打开文件选项对话框，弹出如图 2-11 所示的“图纸设置”对话框。

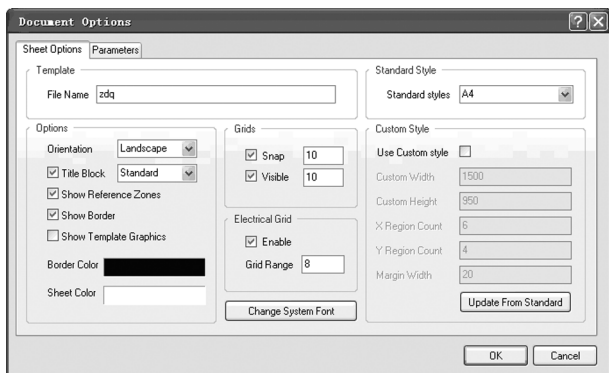


图 2-11 “图纸设置”对话框



设置原理图图纸

(1) 设置原理图文档的纸张大小。在“Sheet Options”标签中，找到“Standard Styles”栏，单击输入框旁的箭头将看见一个图纸样式的列表。在此将图纸大小(sheet size)设置为标准“A4”格式，设置好后，单击“OK”按钮关闭对话框，即可更新图纸大小。

(2) 在“Grids”标签下设置图纸网格是否可见。若“Visible”打勾，表示每一网格的大小可见。一般将可见网格大小和鼠标步进网格大小设为相等。此处，网格大小的单位为英制 mil。

若想将文件全部显示在可视区，执行“View”→“Fit Document”命令。注意：1000 mil = 1 inch = 2.54 cm。

五、放置元件

1. 定位元件和加载元件库

数以千计的原理图符号都包括在 Protel DXP 中。尽管前面介绍的例子所需要的元件已经在默认的安装库中，但通过库搜索来找到元件还是很重要的。现将通过以下步骤的操作来定位并添加本教程电路所要用到的库。

(1) 首先要查找晶体管(transistors)，两个均为 NPN 三极管。单击主界面右侧的“Libraries”标签，显示元件库工作区面板，如图 2-12 所示。

(2) 在库面板中按下“Search”按钮，或执行“Tools”→“Find Component”命令，打开“查找库”对话框，如图 2-13 所示。

(3) 确认“Scope”被设置为“Libraries on Path”，

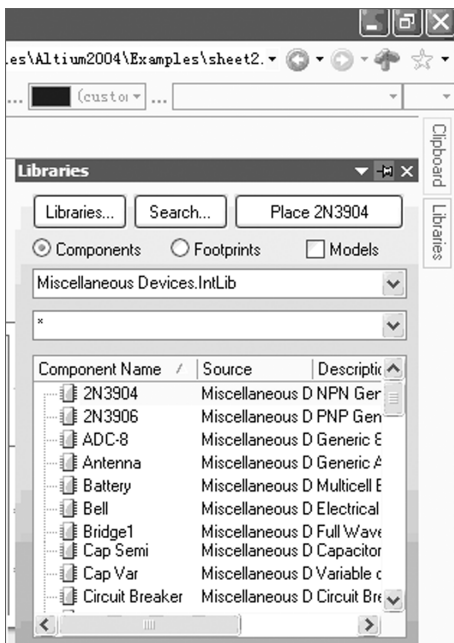


图 2-12 元件库工作区面板

并且“Path”区含有指向库的正确路径“C:\Program Files\Altium2004\Library\”，并确认“Include Subdirectories”未被选择(即未被勾选)。

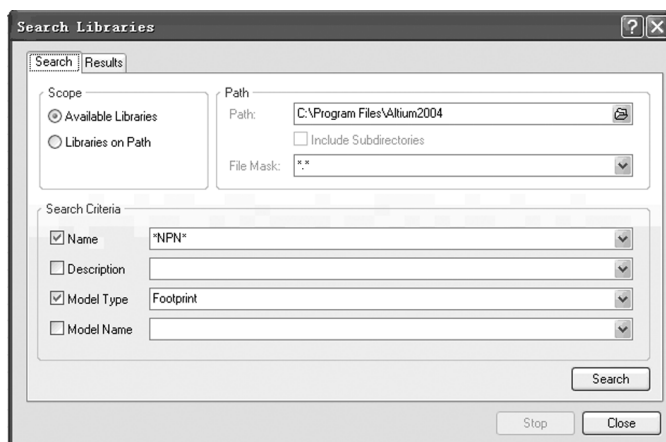


图 2-13 “查找库”对话框

(4) 想要查找所有与 NPN 三极管有关的库，在“Search Criteria”单元的“Name”文本框输入“* NPN *”，单击“Search”按钮开始查找。当查找进行时，“Results”标签将显示。如果输入的规则正确，一个库将被找到并显示在查找库对话框中，如图 2-14 所示。

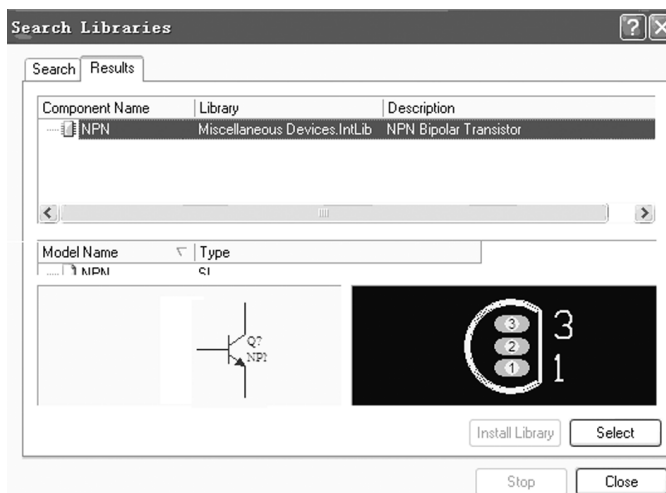


图 2-14 查找 NPN 三极管的结果

(5) 单击“Miscellaneous Devices.IntLib”库，如果该库不在项目中，则单击“Install Library”按钮使这个库在原理图中可用。

(6) 关闭“Search Libraries”对话框。

常用元件库有：“Miscellaneous Devices.IntLib”包括常用的电路分立元件，如电阻 RES*、电感 Induct、电容 Cap* 等；“Miscellaneous Connectors.IntLib”包括常用的连接器等，如 Header*。另外，其他集成电路元件包含于以器件厂家命名的元件库中，因此要根据元件性质和厂家到对应库中寻找或用搜索的方法加载元件库(如果已经知道器件所在的库文件，则可直接安装对应元件库，选取器件)。如图 2-15 所示为元件库窗口。

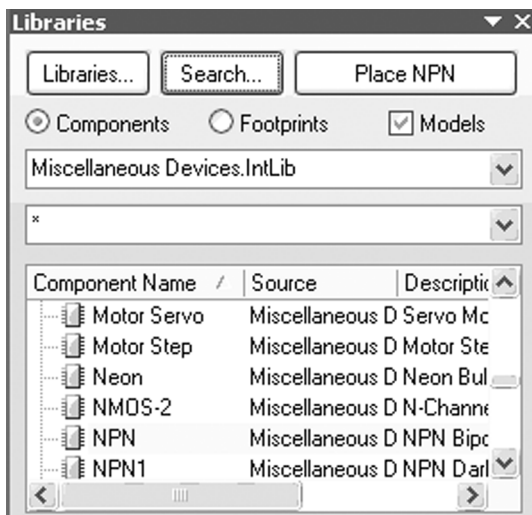


图 2-15 元件库窗口

2. 选取和放置元件

(1)在原理图中首先要放置的元件是两个晶体管 Q1 和 Q2。在列表框中单击“NPN”，选择两个晶体管，然后单击“Place”按钮。另外，还可以双击元件名，光标将变成十字状，并且在光标上“悬浮”着一个晶体管的轮廓，表示元件处于放置状态。如果移动光标，晶体管轮廓也会随之移动。如果已经知道器件所在的库文件，则可直接选取对应元件库，输入元件名选取器件。

(2)在原理图上放置元件之后，首先要编辑其属性。当晶体管悬浮在光标上时，单击右键弹出如图 2-16 所示的菜单，再单击“Properties”选项，弹出“元件属性”对话框，如图 2-17 所示(也可以单击鼠标不放，选中此元件，按“Tab”键弹出此对话框)，可设置器件的属性，在“Designator”栏中输入 Q1 作为元件序号。

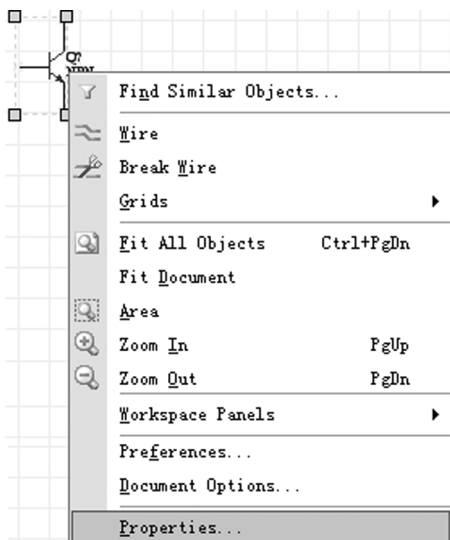


图 2-16 元件右键菜单项

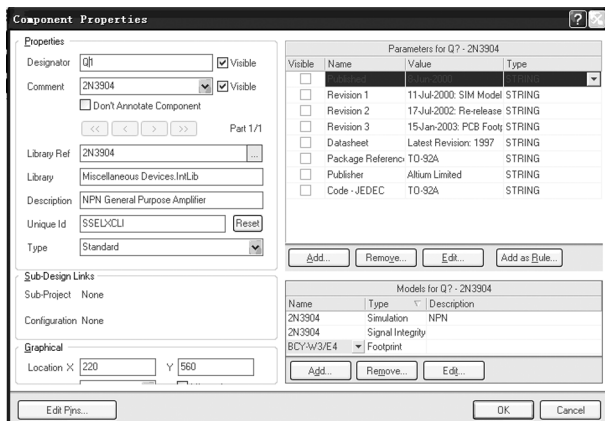


图 2-17 “元件属性”对话框

检查元件的 PCB 封装。在本实例中由于使用了集成库 (Miscellaneous Devices. IntLib)，而该库已经包括了封装和电路仿真的模型。因此，三极管的封装在模型列表中已自动含有，其模型名为“BCY-W3/E4”、类型为“Footprint”，保留其余栏为默认值。

(3) 放置第二个晶体管。这个晶体管的放置方式与前一个相同，因此在放置之前没必要再编辑它的属性，可直接将其标记为 Q2。

(4) 用同样的操作完成电阻 (Res2)、电容 (Cap pol1)、LED (LED0) 的放置。

(5) 最后要放置的元件是连接器 (Connector)。在 Miscellaneous Connectors. IntLib 库里，为了使图纸更易读，可放置对应的电源、地符号，这两个器件仅代表电气符号，没有实际的电路封装，所以要放置一个 Header2 产生实际的电气连接。

需要的连接器是两个引脚的插座，所以设置过滤器为“* 2 *” (或者 Header)。在元件列表中选择“Header2”并单击“Place”按钮。按“Tab”键编辑其属性并设置“Designator”为“Y1”，检查 PCB 封装模型为“HDR1X2”。由于在仿真电路时将这个元件作为电路，所以不需要作规则设置，最后单击“OK”按钮关闭此对话框。

放置连接器之前，按“X”键可以使原理图作水平翻转。然后在原理图中放下连接器，单击鼠标右键或按“Esc”键退出放置模式。

(6) 如图 2-18 所示已经放置完了所有的元件，即可执行“File”→“Save”命令，保存原理图。如果需要移动元件，单击并拖动元件重新放置即可。

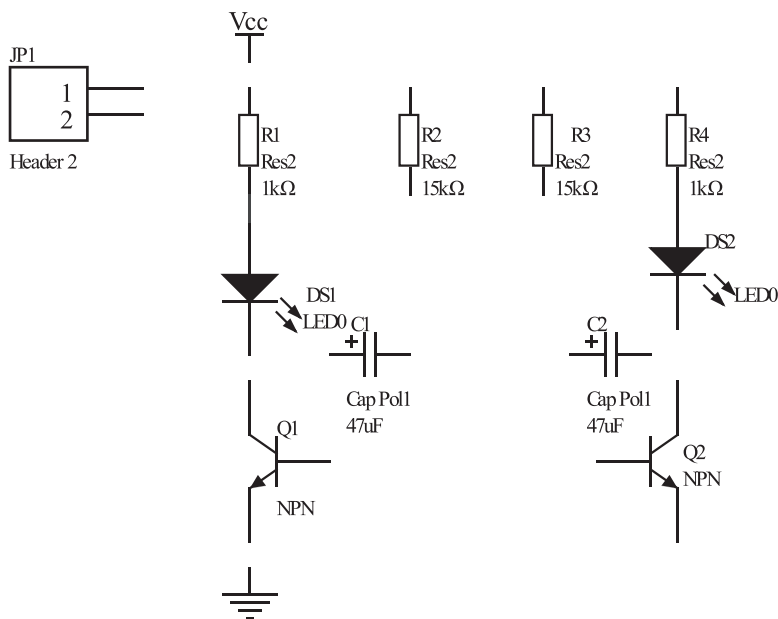


图 2-18 元件放置结果

六、放置输入输出端口

在设计原理图时，两点之间的电气连接，可以直接使用导线连接，也可以通过设置相同的网络标签来完成。还有一种方法，即使用电路的输入输出端口，同样能实现两点之间 (一般是两个电路之间) 的电气连接。

相同名称的输入输出端口在电气关系上是连接在一起的，一般情况下，在同一张图纸中不使用端口连接，它主要用于层次电路原理图的绘制。放置输入输出端口的步骤如下。

(1) 执行放置输入输出端口命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“放置”→“端口”命令；单击配线工具栏上的放置输入输出端口按钮；使用放置输入输出端口快捷键“P”+“R”。

(2) 放置输入输出端口。执行放置输入输出端口命令后，光标变为十字形，并带有一个输入输出端口符号；将光标移动到需要放置输入输出端口的元件引脚末端或导线上，当出现红色米字标志时，表示光标已捕捉到电气连接点，此时单击鼠标，确定端口的一端位置，然后拖动鼠标使端口的大小合适，再次单击鼠标，确定端口的另一端位置，即可完成输入输出端口的一次放置。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出放置输入输出端口的命令状态。

在放置输入输出端口的过程中，按空格键可以使输入输出端口以逆时针方向旋转 90°，按“X”键可以使输入输出端口左右镜像翻转，按“Y”键可以使输入输出端口上下镜像翻转。通过这些操作可以调整输入输出端口的位

置。(3) 设置输入输出端口属性。双击需要设置属性的“输入输出端口”（或在放置状态下，按“Tab”键），系统将弹出相应的输入输出“端口属性”设置对话框，如图 2-19 所示。

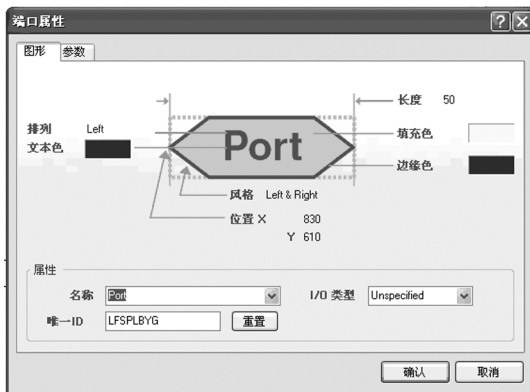


图 2-19 输入输出“端口属性”窗口

排列：表示端口名称在端口符号中的位置，有 3 种选择，即“Center”“Left”“Right”。

文本色：表示端口名称的颜色。单击右边的颜色块，可以进行选择设置。

长度：设置输入输出端口的长度。

填充色：设置端口填充的颜色。

边缘色：设置端口边框的颜色。

风格：表示输入输出端口在原理图中的外形，有 8 种选择，具体如下：

水平方向如图 2-20 所示。

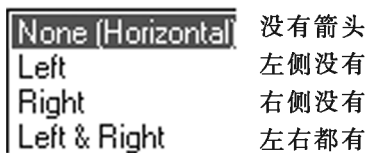


图 2-20 水平方向

垂直方向如图 2-21 所示。

None (Vertical)	没有箭头
Top	顶部没有
Bottom	底部没有
Top & Bottom	上下都有

图 2-21 垂直方向

位置 X、Y：输入输出端口在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

名称：写入端口的名称。相同名称的输入输出端口在电气关系上是连接在一起的。

I/O 类型：该类型的设置会为系统的电气规则检查(ERC)提供依据，有以下四种类型(如图 2-22 所示)。

Unspecified	未定义端口
Output	输出端口
Input	输入端口
Bidirectional	双向端口

图 2-22 I/O 类型

唯一 ID：在整个项目中，该输入输出端口的唯一 ID 号用来与 PCB 同步，由系统随机给出，一般不需修改。

七、放置电源和地端口

电源和接地符号是电路原理图中必不可少的组成部分。Protel DXP 提供了多种电源和接地符号供用户选择，每种形状都有一个相应的网络标签作为标识。放置电源和地端口的步骤如下。

(1) 执行放置电源和地端口命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“放置”→“电源端口”命令；单击配线工具栏上的放置电源和地端口按钮；使用放置电源和地端口快捷键“P”+“O”。

(2) 放置电源和地端口。执行放置电源和地端口命令后，光标变为十字形，并带有一个电源或地端口符号；将光标移动到需要放置电源或地端口的位置，单击鼠标即可完成放置。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出放置电源和地端口的命令状态。

在放置电源和地端口的过程中，按空格键可以使电源和地端口以逆时针方向旋转 90°，按“X”键可以使电源和地端口左右镜像翻转，按“Y”键可以使电源和地端口上下镜像翻转。通过这些操作可以调整电源和地端口的位置。

(3) 设置电源和地端口属性。对于电源符号和接地符号的区分，仅仅在形式上是不够的，还必须通过相应的属性来真正区分它们的电气特性。

双击需要设置属性的电源符号或接地符号(或在放置状态下，按“Tab”键)，系统将弹出相应的属性设置对话框，可进行相关参数的设置，如图 2-23 所示。

颜色：表示电源或接地符号的颜色；单击右边的颜色块，可以进行颜色选择设置。

位置 X、Y：表示电源或接地符号在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

网络：表示电源或接地符号的网络标签名称。

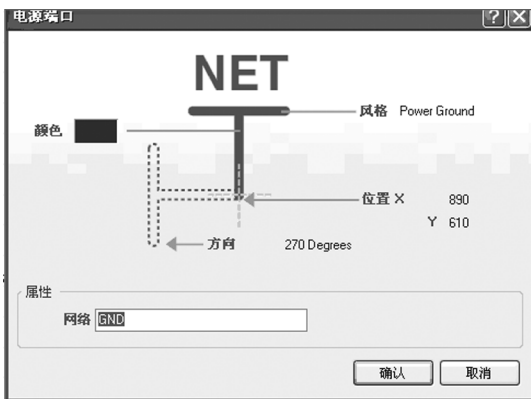


图 2-23 电源和地端口属性

方向：表示电源或接地符号在原理图上的放置方向，其有四个选项可供用户选择。

风格：表示电源或接地符号的风格形式。其有四种电源符号形式和三种接地符号形式，具体如下。

Circle	圆形
Arrow	箭头
Bar	条形
Wave	波形
Power Ground	电源地
Signal Ground	信号地
Earth	大地

注意：在同一张原理图中，可能有多个电源和多个地端口（如模拟地、数字地、电源地、大地等）。用户在绘制过程中，首先应该选用不同的外形符号加以区别，其次应该保证电源符号和接地符号的网络标签各不相同，以免产生混淆，引起严重的电路错误。

八、放置忽略 ERC 检查符号

在电路设计过程中，系统进行电气规则检查(ERC)时，有时会产生一些错误报告。例如，出于电路设计的需要，一些元件的个别输入引脚有可能悬空，但在系统默认情况下，所有的输入引脚都必须进行连接，这样在 ERC 检查时，系统会认为悬空的输入引脚使用错误，并在该引脚处放置一个错误标记。

为了避免用户为查找这种错误而浪费时间，可以使用忽略 ERC 检查符号，让系统忽略对此处的 ERC 检查，使其不再产生错误报告。放置忽略 ERC 检查符号的步骤如下。

(1)执行放置忽略 ERC 检查符号的命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“放置”→“忽略 ERC 检查”命令；单击配线工具栏上的放置忽略 ERC 检查符号按钮；使用放置忽略 ERC 检查符号快捷键“P”+“I”+“N”。

(2)放置忽略 ERC 检查符号。执行放置忽略 ERC 检查符号命令后，光标变为十字形，并附有一个红色的小叉(忽略 ERC 检查符号)；将光标移到需要放置的位置处，单击鼠标即可完成

放置。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出放置忽略 ERC 检查符号的命令状态。

(3) 设置忽略 ERC 检查符号的属性。双击需要设置属性的忽略 ERC 检查符号(或在放置状态下, 按“Tab”键), 系统将弹出相应的忽略 ERC 检查符号属性设置对话框, 可进行相关参数的设置, 如图 2-24 所示。



图 2-24 “忽略 ERC 检查”对话框

颜色: 表示忽略 ERC 检查符号的颜色, 单击右边的颜色块, 可以进行选择颜色设置。

位置 X、Y: 表示忽略 ERC 检查符号在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

九、连接电路

连线在电路中起着对各种元件之间建立连接的作用。要在原理图中连线, 可按以下步骤完成如图 2-25 所示的连线示意图。

要使原理图图纸有一个好的视图, 首先执行“View”→“Fit All Objects”命令。

(1) 将电阻 R1 与晶体管 Q1 的基极连接起来。从菜单栏执行“Place”→“Wire”命令或从“Wiring Tools”(连线工具)工具栏单击“Wire”进入连线模式, 光标将变为十字形状。

(2) 将光标放在 Vcc 的下端。放对位置时, 一个红色的连接标记(大的星形标记)会出现在光标处, 这表示光标处在元件的一个电气连接点上。

(3) 单击或按“Enter”键固定第一个导线点。移动光标会看见一根导线从光标处延伸到固

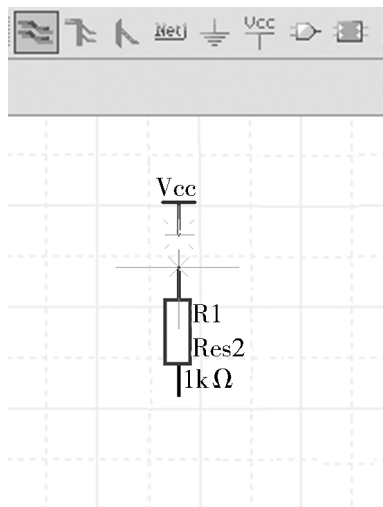


图 2-25 连线示意图

定点,将光标移到 R1 上端的水平位置上,单击鼠标左键或按“Enter”键在该点固定导线。这样第一个和第二个固定点之间的导线就放好了。

(4)将光标移到 R2 的对应端上,仍会看见光标变为一个红色连接标记,单击鼠标左键或按“Enter”键连接到 R2 的上端,完成这部分导线的放置。注意光标仍然为十字形状,表示准备放置其他导线;若要完全退出放置模式恢复箭头光标,应该再一次单击鼠标右键或按“Esc”键(退出后再连线则要重复前面的步骤,不退出就可以继续连线)。

(5)将 R1 连接到 DS1 上。将光标放在 R1 下端的连接点上,单击鼠标左键或按“Enter”键开始新的连线,然后单击鼠标右键或按“Esc”键表示已经完成该导线的放置。

参照图 2-5 连接电路中的剩余部分,绘制结果如图 2-26(a)所示,在完成所有的导线之后,单击鼠标右键或按“Esc”键退出放置模式,光标恢复为箭头形状。

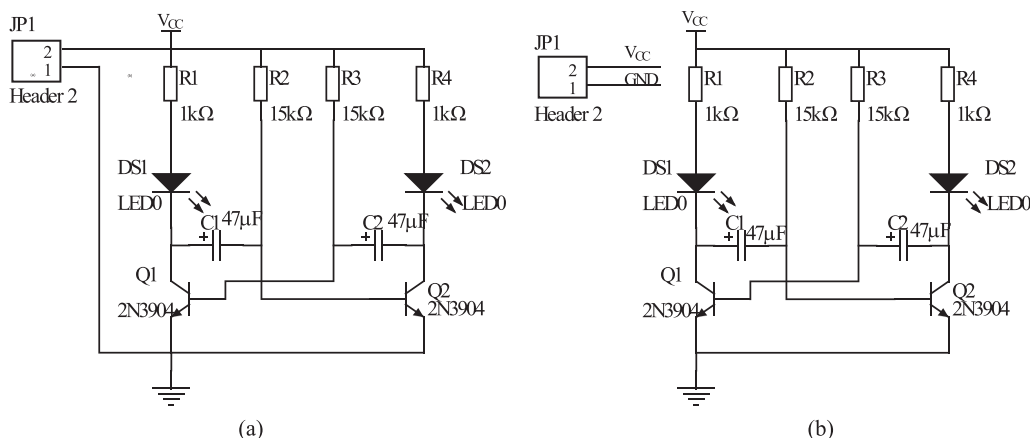


图 2-26 绘制完成的原理图

知识拓展

网络与网络标签

彼此连接在一起的一组元件引脚称为网络(net)。例如,一个网络包括 Q1 的基极、R3 的一个引脚和 C2 的一个引脚。在设计中添加网络和网络标签(net labels)是很容易的。

在 Header 的两个引脚上放置网络标签的具体操作步骤如下。

(1)执行主菜单“Place”→“Net Label”命令,一个虚线框将悬浮在要放置的 Header2 的 2 脚上。

(2)单击显示“Net Label”(网络标签)对话框。在“Net”栏输入“Vcc”,然后单击“OK”关闭对话框。

(3)同样将一个 Net Label 放在 Header2 的 1 脚上,单击显示“Net Label”(网络标签)对话框,在“Net”栏输入“GND”,然后单击“OK”关闭对话框并放置网络标签。

(4)放置好的电路如图 2-26(b)所示,图 2-26(b)中 Header2 的两个引脚尽管没有导线连接,但有了网络连接,和图 2-26(a)的效果是一样的。

任务三 调整元件的位置

任务描述：熟悉元件的选取和取消选取；

熟悉元件的移动与旋转；

熟悉元件的排列；

熟悉元件的复制与粘贴。

任务分析：所谓元件位置的调整，就是利用各种命令将元件移动到图纸上所需要的位置处，并将元件旋转到所需要的方向。学会元件位置的调整既便于连线操作，也使得所绘制的电路原理图清晰、美观。因此，本任务主要介绍调整元件的各种方法。

一、元件的选取和取消选取

元件的选取和取消选取有多种方法，常用的有以下几种。

(1)直接选取。这是绘制原理图时最方便、最常用的方法。

①选取单个元件：将光标移到该元件上，单击即可选中该元件，这时该元件周围出现一个绿色框，表示该元件已经被选中。

②框选多个元件：在要选择的元件区域内的一个端点处单击，并拖动鼠标到达选择区域的对角端点，释放鼠标后，该区域内的所有元件都被选中。

③用“Shift”键选取元件：按住“Shift”键，光标指向要选取的元件，逐一单击鼠标，可选中多个元件。

(2)使用工具图标选取元件。在工具栏中可使用提供的以下两个与选取有关的工具图标选取元件。



——区域选取：单击该图标后，光标变成十字形，在图纸上拖出一个矩形框，框内的所有元件都被选中。



——取消选取：单击该图标后，将取消图纸上所有被选中元件的选中状态。

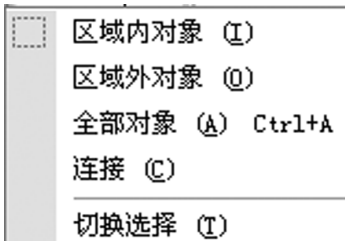
(3)使用菜单命令选取。执行“编辑”→“选择”命令，系统会弹出如图 2-27 关于选取的菜单命令。

(4)取消选取。取消选取有以下多种方法。

①直接用鼠标单击原理图中的空白区域，即可一次性取消单个或多个元件的选中状态。

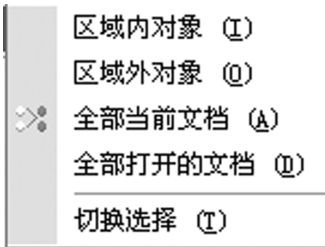
②按住“Shift”键，将光标移到已经选取的元件上，逐一单击鼠标，即可取消该元件组的选中状态。

③执行“编辑”→“取消选择”命令，系统会弹出如图 2-28 关于取消选取的菜单命令。



I: 选取区域内的元件
O: 选取区域外的元件
A: 用来选取图纸上的所有元件
C: 执行该命令后, 单击某一导线, 会将该导线以及与该导线有连接关系的所有元件选中
T: 执行该命令后, 单击某一元件, 若该元件原来处于未选中状态, 则被选中; 若原来处于选中状态, 则选中状态被取消

图 2-27 菜单命令



I: 取消选中的区域内元件
O: 取消选中的区域外元件
A: 取消当前原理图中所有选中的元件
D: 取消当前所有打开的原理图中处于选中状态的元件
T: 执行该命令后, 单击某一元件, 若该元件原来处于选中状态, 则被取消; 若原来处于未选中状态, 则被选中

图 2-28 菜单命令

二、元件的移动与旋转

1. 元件的移动

元件的移动有两种情况：一种是在同一平面内移动，称为“平移”；另一种是一个元件将另一个元件遮住的时候，同样需要移动位置来调整它们之间的上下(即前后)关系，这种元件间的上下移动称为“层移”。移动元件的方法有以下两种。

(1)使用系统菜单命令。

执行“编辑”→“移动”命令，会弹出移动的命令菜单，如图 2-29 所示。



图 2-29 移动命令菜单

拖动：用来实现对元件及导线的拖动功能。事先不需要对元件进行选取，只需单击一下需要移动的元件，元件就会跟随光标一起移动，而元件上的所有连线也会跟着移动，不会断线。该命令的快捷方式是按住“Ctrl”键，在需要移动的元件上按下鼠标左键并拖动，即可实现拖动功能。

移动：用来移动元件。操作方法与拖动命令相同，但它只移动元件，与元件相连接的导线不会跟着一起移动。

移动选定的对象、拖动选定的对象：与“移动”和“拖动”命令相似，只是事先要对元件进行选取。另外，这两个命令还可用于同时移动多个元件。

移动到描画堆栈前部：用来移动元件，并将其放在重叠元件的最上层，操作方法同“拖动”命令。

移动到重叠对象堆栈的头部：将元件移动到重叠元件的最上层。

移动到重叠对象堆栈的尾部：将元件移动到重叠元件的最下层。

移动到指定对象之前：将元件移动到某参考元件的前面。

移动到指定对象之后：将元件移动到某参考元件的后面。

其他移动命令用于层次原理图绘制，这里不作介绍。

(2) 使用鼠标直接移动。

①使用鼠标移动单个未选中的元件。将光标指向需要移动的元件(不需要选中)，按住鼠标左键不放，此时光标会自动滑到元件的电气节点上(显现红色星形标记)。拖动鼠标，光标随之一起移动，到达合适位置后，松开鼠标左键，元件即被移动到当前位置。

②使用鼠标移动单个已选中的元件。如果需要移动的元件已经处于选中状态，将光标指向该元件，同样按下鼠标左键不放，拖动元件到指定位置后松开鼠标。

③使用鼠标移动多个元件。当需要同时移动多个元件时，首先应将要移动的元件全部选中，然后在其中的任意一个元件上按下鼠标并拖动到适当位置后，松开鼠标，则所有选中的元件都移动到了当前位置。

④使用工具栏中的“移动”图标移动单个或多个已选中的元件。对于单个或多个已选中的元件，单击主工具栏中的十字形“移动”图标后，光标变成十字形；然后移动光标到已选中的元件附近，单击鼠标，所有已选中的元件随光标一起移动到正确位置后，再次单击鼠标，完成移动。

2. 元件的旋转

元件的旋转就是改变元件的放置方向，其操作方法如下。

(1)单击需要旋转的元件并按住不放，此时元件显示虚影，每按一次空格键，元件将逆时针旋转 90°。

(2)单击需要旋转的元件并按住不放，按“X”键可以使元件左右对调。

(3)单击需要旋转的元件并按住不放，按“Y”键可以使元件上下对调。

(4)双击需要旋转的元件，在弹出的“元件属性”对话框中的“图形”选项组中选中“被镜像的”复选框，可以将该元件镜像，即像镜子一样对折过来。

(5)通过在“方向”栏中设定旋转的角度，可以使元件按照设定角度旋转。

三、元件的排列

执行“编辑”→“排列”命令，会弹出元件排列与对齐的命令菜单，如图 2-30 所示。

注意：在执行所有的命令之前，首先应该选中需要调整的元件，而且要确保没有其他不相关的元件处于选中状态。

(1) 元件的对齐排列。

左对齐排列：以选中的元件中最左边的元件为基准对齐。

右对齐排列：以选中的元件中最右边的元件为基准对齐。

水平中心排列：以选中的元件中最左边的元件与最右边的元件之间的中心线为基准对齐。

顶部对齐排列：以选中的元件中最上边的元件为基准对齐。

底部对齐排列：以选中的元件中最下边的元件为基准对齐。

垂直中心排列：以选中的元件中最上边的元件与最下边的元件之间的中心线为基准对齐。

排列到网络：选中的元件对齐在网络点上，这样便于电路连接。

(2) 元件的分布排列。

水平分布：以最左边的元件和最右边的元件为界，使选中的元件在水平方向上均匀分布。

垂直分布：以最上边的元件和最下边的元件为界，使选中的元件在垂直方向上均匀分布。

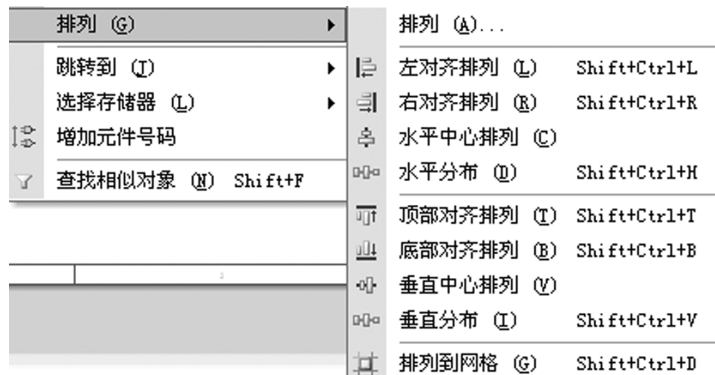


图 2-30 排列与对齐的命令菜单

对于上述的几项命令，每一次执行，对选中的元件只能进行一种操作。如果需要同时进行两个方向上的排列操作，可以使用上面菜单中的“排列”命令。执行“排列”命令，则弹出如图 2-31 所示的“排列对象”对话框。该对话框可以同时设置选中的元件组在水平方向(横向)和垂直方向(纵向)的排列方式。

① 水平调整选项组的作用：用来设置选中的元件组在水平方向的排列方式。

无变化：在水平方向上保持原状，即不进行排列。

左：水平方向左对齐，等同于“左对齐排列”命令。

中心：水平方向中心对齐，等同于“水平中心排列”命令。

右：水平方向右对齐，等同于“右对齐排列”命令。

均匀分布：水平方向均匀排列。



图 2-31 “排列对象”对话框

② “垂直调整”选项组的作用：用来设置选中的元件组在垂直方向的排列方式。

无变化：在垂直方向上保持原状，即不进行排列。

顶：元件组顶端对齐，等同于“顶部对齐排列”命令。

中心：垂直方向中心对齐，等同于“垂直中心排列”命令。

底：元件组底端对齐，等同于“底部对齐排列”命令。

均匀分布：垂直方向均匀排列。

若选中对话框中的“移动图元到网格”复选框，则元件组排列时将始终位于捕获网格上。一般建议用户选中该复选框，这样在连线时，便于捕捉到元件的电气节点。

四、元件的复制与粘贴

(1) 元件的复制(copy)。其操作步骤如下。

① 在电路原理图上选中需要复制的元件或元件组。

② 执行复制命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“编辑”→“复制”命令；使用快捷键“Ctrl”+“C”或“E”+“C”；单击工具栏上的复制按钮。

③ 执行复制命令后，光标变为十字形，在需要复制的元件或元件组中的任一个元件上单击，即可将其复制到剪贴板上。

(2) 元件的粘贴(paste)。其操作步骤如下。

① 执行粘贴命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“编辑”→“粘贴”命令；使用快捷键“Ctrl”+“V”或“E”+“P”；单击工具栏上的粘贴按钮。

② 执行粘贴命令后，光标变为十字形并带有欲粘贴元件的虚影，在确定位置上单击鼠标左键，即可完成粘贴操作。

(3) 元件的队列粘贴(paste array)。它能够一次性地按照指定间距，将同一个元件或元件组重复地粘贴到图纸上。其操作步骤如下。

①在电路原理图上选中需要队列粘贴的元件或元件组。

②执行队列粘贴命令。调用该命令有 3 种方法，即执行“编辑”→“粘贴队伍”命令；使用快捷键“E”+“Y”；单击实用工具中的粘贴按钮。

③设置元件队列粘贴的属性。执行队列粘贴命令后，系统会弹出如图 2-32 所示的“设定粘贴队列”对话框。在该对话框中需要设定的粘贴队列参数如下。

项目数：指定需要粘贴的次数，系统默认值是 8。

主增量：指定相邻两次粘贴之间元件标识的数字递增量，系统默认值是 1。

次增量：指定相邻两次粘贴之间元件引脚号的数字递增量，系统默认值是 1。

水平：指定相邻两次粘贴的元件之间的水平位置偏移量，系统默认值是 0。

垂直：指定相邻两次粘贴的元件之间的垂直位置偏移量，系统默认值是 10。

设置完成后，单击“确认”按钮即可完成队列粘贴操作。



图 2-32 “设定粘贴队列”对话框

任务四 使用实用工具绘图

任务描述：掌握使用实用工具绘制各种图形的方法和步骤；

掌握放置图形文本字符串和文本框的步骤。

任务分析：实用工具栏用于在原理图中绘制各种标注信息，使电路原理图更清晰、数据更完整、可读性更强。实用工具栏中的各种图元均不具有电气连接特性，所以在系统做电气规则检查(ERC)及转换成网络表时，不会产生任何影响，也不会附加在网络表数据中。因此，本任务主要介绍使用实用工具绘制各种图形的步骤，以及如何放置图形、文本字符串和文本框。

一、实用工具

单击实用工具图标，显示出各种绘图工具按钮，如图 2-33 所示。它与执行“放置”→“描画工具”命令后弹出的各项命令具有对应关系，如图 2-34 所示。



图 2-33 绘图工具



图 2-34 描画工具

其余 3 个实用工具分别为“添加文字”“添加文本框”和“阵列粘贴”。

1. 绘制直线

在原理图中，直线可以用来绘制一些注释性的图形，如表格、箭头、虚线等，或者在编辑元件时绘制元件的外形。直线不具有电气连接特性，不会影响到电路的电气结构。

直线的绘制步骤如下。

(1) 执行绘制直线的命令。调用该命令的方法有两种，即执行“放置”→“描画工具”→“直线”命令；单击实用工具中的绘制直线按钮。

(2) 绘制直线。执行绘制直线命令后，光标变为十字形，单击鼠标确定直线的起点，然后拖动鼠标，形成一条直线，拖动到适当位置后，再次单击鼠标确定直线的终点。

在直线绘制过程中，需要拐弯时，可以单击鼠标确定拐弯的位置，同时通过按下“Shift”+“空格键”来切换拐弯的模式。但在 T 形交叉点处，系统不会自动添加节点。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出绘制直线的命令状态。

(3) 设置直线属性。双击需要设置属性的直线(或在绘制状态下，按“Tab”键)，系统将弹出相应的“折线”对话框，可进行相关参数的设置，如图 2-35 所示。

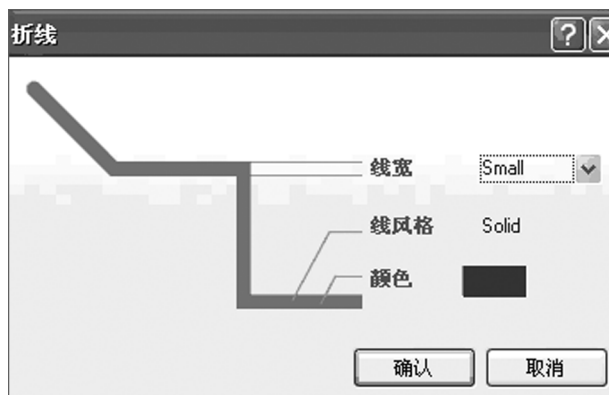


图 2-35 “折线”对话框

线宽：设置直线宽度。

线风格：设置直线类型。有 3 个选项，即“Solid”（实线）、“Dashed”（虚线）、“Dotted”

(点线)。

颜色：单击右边的颜色块，可以选择直线的颜色。

注意，单击已绘制好的直线，使其进入选中状态，在直线的起点、终点和拐弯处会出现绿色的小方块，即所谓的控制点。通过拖动控制点既可以调整直线的起点、终点和拐弯的位置，也可以直接拖动直线本身来改变。

2. 绘制椭圆弧或圆弧

圆弧与椭圆弧的绘制过程相同，即圆弧实际上是椭圆弧的一种特殊形式。绘制椭圆弧的步骤如下。

(1) 执行绘制椭圆弧的命令。调用该方法有两种，即执行“放置”→“描画工具”→“椭圆弧”命令；单击实用工具中的绘制椭圆弧按钮。

(2) 绘制椭圆弧。执行绘制椭圆弧命令后，光标变为十字形，移动光标到合适的位置，单击鼠标确定椭圆弧的中心，然后，拖动鼠标沿 X 轴方向移动；第二次单击鼠标确定椭圆弧的长轴，之后沿 Y 轴拖动鼠标；第三次单击鼠标确定椭圆弧的短轴，这时光标会自动移动到椭圆弧的起始角处，再次移动光标可以改变椭圆弧的起始角度；第四次单击鼠标确定椭圆弧的起始角度。光标自动移动到椭圆弧的终止角处；第五次单击鼠标确定椭圆弧的终止角度，即可完成椭圆弧的绘制。

如果椭圆弧的长轴与短轴相等，则绘制的椭圆弧就成为圆弧。也可以执行“放置”→“描画工具”→“圆弧”命令，直接绘制圆弧，具体操作与椭圆弧的绘制过程类似。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出绘制的命令状态。

(3) 设置椭圆弧属性。双击需要设置属性的椭圆弧(或在绘制状态下，按“Tab”键)，系统将弹出相应的“椭圆弧”对话框，可进行相关参数的设置，如图 2-36 所示。

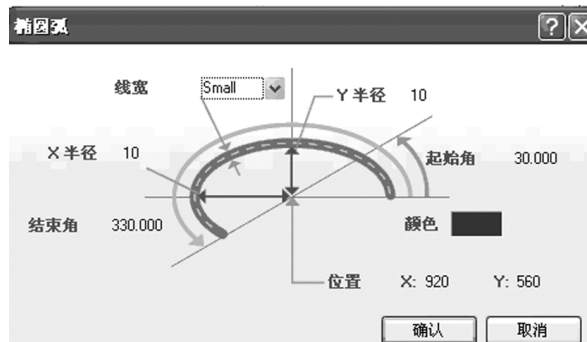


图 2-36 “椭圆弧”对话框

线宽：设置椭圆弧线宽度。

X 半径：设置椭圆弧长轴。

Y 半径：设置椭圆弧短轴。

起始角：设置椭圆弧起始角度。

结束角：设置椭圆弧终止角度。

颜色：单击右边的颜色块，可以选择椭圆弧的颜色。

位置 X、Y：表示椭圆弧中心在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

注意，单击已绘制好的椭圆弧或圆弧，使其进入选中状态，会有绿色的控制点出现。通过拖动控制点既可以调整椭圆弧线或圆弧线的形状，也可以直接拖动弧线本身来改变其形状。

3. 绘制矩形

矩形分为直角矩形和圆角矩形，二者的区别在于矩形的 4 个拐角是否由椭圆弧线所构成，除此之外，它们的绘制方式与属性设置非常类似。因此，这里以直角矩形来说明绘制方法。直角矩形的绘制步骤如下。

(1) 执行绘制直角矩形命令。调用该命令的方法有两种，即执行“放置”→“描画工具”→“矩形”命令；单击实用工具中的绘制直角矩形按钮。

(2) 绘制直角矩形。执行绘制直角矩形命令后，光标变为十字形，并带有一个矩形图形。移动光标到需要放置矩形的位置，单击鼠标确定直角矩形的一个顶点，然后拖动鼠标到适当位置后，再次单击鼠标确定直角矩形的另一个顶点，即可完成绘制。

单击鼠标右键或按“Esc”键即可退出绘制直角矩形的命令状态。

(3) 设置直角矩形属性。双击需要设置属性的直角矩形（或在绘制状态下，按“Tab”键），系统将弹出相应的“矩形”对话框，可进行相关参数的设置，如图 2-37 所示。

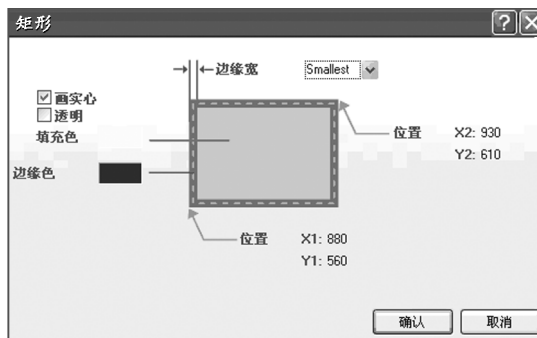


图 2-37 “矩形”对话框

“画实心”复选框：设置所绘制的矩形是否为实心。若选中该复选框，则所绘制矩形为实心。

“透明”复选框：设置所绘制的矩形是否透明。若选中该复选框，则矩形下面的栅格可以显示出来。

填充色：设置矩形内部的填充颜色。

边缘色：设置矩形边框的颜色。

边缘宽：设置矩形边框的宽度。

位置 X1、Y1：表示矩形第一顶点在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

位置 X2、Y2：表示矩形第二顶点在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

注意，单击已绘制好的矩形，使其进入选中状态，此时会有绿色的控制点出现。通过拖动控制点可以直接调整矩形的大小、位置等。

二、放置图形

放置图形的步骤如下。

(1) 执行放置图形的命令。调用该命令的方法有两种，即执行“放置”→“描画工具”→“图形”命令；单击实用工具中的放置图形按钮。

(2) 放置图形。执行放置图形命令后，光标变为十字形，并附有一个矩形框。移动光标到合适的位置，单击鼠标确定图形放置位置的一个顶点，然后拖动鼠标到合适位置，再次单击鼠标确定图形放置位置的另一个顶点，同时会弹出浏览对话框，供用户选择要放置的图形。

Protel DXP 支持多种格式的图形。

(3)设置放置图形属性。双击已放置的图形(或在放置状态下,按“Tab”键),系统会弹出如图 2-38 所示的“图形”对话框,可进行相应的属性设置。

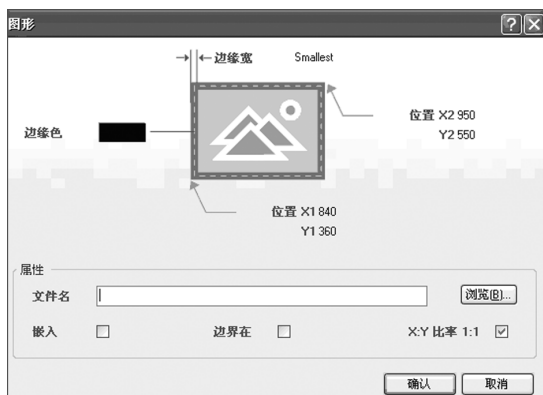


图 2-38 “图形”对话框

边缘色:设置图形边框的颜色。

边缘宽:设置图形边框的宽度。

位置 X1、Y1:表示图形第一顶点在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

位置 X2、Y2:表示图形第二顶点在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

文件名:定义图形的路径及名称。单击右边的“浏览”按钮,可以进行选择。

“嵌入”复选框:选中该复选框,则图形嵌入电路原理图中。

“边界在”复选框:选中该复选框,则放置的图形会添加边框。

“X:Y 比率 1:1”复选框:选中该复选框,则图形的宽高比锁定为 1:1。

三、放置文本字符串

为了增加原理图的可读性,在某些关键的位置处应该添加一些文字说明,即放置文本字符串,便于用户之间的交流。放置文本字符串的步骤如下。

(1)执行放置文本字符串的命令。调用该方法有两种:一种是执行“放置”→“文本字符串”命令;另一种是直接单击实用工具中的放置文本字符串按钮。

(2)放置文本字符串。执行放置文本字符串命令后,光标变为十字形并带有一个文本字符串“Text”。移动光标到合适的位置,单击鼠标即可放置该文本字符串。

(3)设置文本字符串的属性。双击需要设置属性的文本字符串(或在放置状态下,按“Tab”键),系统会弹出如图 2-39 所示的“注释”对话框,可进行相关的属性设置。

颜色:设置文本字符串的颜色。



图 2-39 “注释”对话框

位置 X、Y：表示文本字符串在原理图上的 X 轴和 Y 轴坐标。

方向：设定文本字符串在原理图上的放置方向。

水平调整：调整文本字符串在水平方向的位置。

垂直调整：调整文本字符串在垂直方向的位置。

文本：用来输入文本字符串的具体内容。

字体：单击右边的“变更”按钮，可以改变字体的设置。

四、放置文本框

使用文本框可以放置多行文本，并且字数没有限制。文本框仅仅是对用户所设计的电路进行说明，本身不具有电气意义。放置文本框的步骤如下。

(1) 执行放置文本框的命令。调用该方法有两种：一种是执行“放置”→“文本框”命令；另一种是直接单击实用工具栏中的放置文本框按钮。

(2) 放置文本框。执行放置文本框命令后，光标变为十字形。移动光标到合适的位置，单击鼠标确定文本框的一个顶点，然后拖动鼠标到适当的位置，再次单击鼠标确定文本框的大小，即可完成文本框的放置。

(3) 设置文本框的属性。双击需要设置属性的文本框(或在放置状态下，按“Tab”键)，系统会弹出如图 2-40 所示的“文本框”对话框，可进行相关的属性设置。

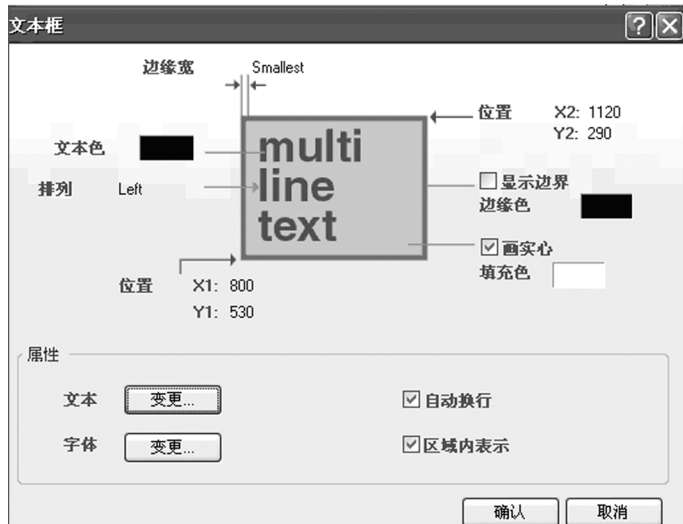


图 2-40 “文本框”对话框

文本：文本标注的内容。单击“变更”按钮，系统将弹出一个文本编辑框“Text Frame Text”，用户可以在其中输入说明文字。

字体：设置文本字体。单击“变更”按钮，会弹出字体设置对话框，可以进行选择设置。

“自动换行”复选框：选中该复选框，当文本框的字符串长度超过了文本框的宽度时，会自动换行。

“区域内表示”复选框：选中该复选框，当文本框中的字符串超出文本框区域时，系统会