

21世纪高职高专教学做一体化规划教材

电子设计

项目化教程

自动化 EDA

教 学 做 一体化

- ★ 项目主线
- ★ 任务驱动
- ★ 理实一体
- ★ 易学乐学

主 编 郭振民 丁 红

副主编 郑 棣 王 斌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专教学做一体化规划教材

电子设计自动化 EDA

主 编 郭振民 丁 红

副主编 郑 棣 王 斌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书通篇贯穿着“项目为主线”的开发思路和“教学做合一”的教学理念,所有教学内容的设计都是围绕着一个个项目而展开的,读者可以边做边学,边学边做。

本书主要包括3个方面的内容:第一篇——Protel DXP 2004 的应用、第二篇——Multisim 2001 的应用、第三篇——VHDL 的应用。每篇都包括入门简介、单项训练项目和综合实训项目3个部分,入门简介主要介绍本篇主要内容及涉及的基本概念,单项训练项目主要是围绕着一个个知识点而设计的,综合实训项目在单项训练项目的基础上进一步培养读者的综合应用能力与创新意识。

本书可以作为普通高等院校、高职院校、各类技术师范学院“电子设计自动化”相关课程的教材,也可以作为各类技术人员或爱好者的自学用书。

本书配有电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化 EDA / 郭振民, 丁红主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2009

21 世纪高职高专教学做一体化规划教材

ISBN 978-7-5084-6263-9

I. 电… II. ①郭…②丁… III. 电子电路—电路设计: 计算机辅助设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 013288 号

书 名	21 世纪高职高专教学做一体化规划教材 电子设计自动化 EDA
作 者	主 编 郭振民 丁 红 副主编 郑 棣 王 斌
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 17.25 印张 440 千字
版 次	2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

高等职业教育主要是以培养具有职业理想、职业道德,掌握职业技能,知晓职业规范,面向生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才为培养目标。

从这个目标出发,高职教育应走校企合作、工学结合的发展之路,这是高职教育人才培养的基本模式。

从这个目标出发,高职院校应采用“教学做一体化”的教学模式。为此必须创建体现这一思想的教材体系。

我国伟大的教育家陶行知先生在七十几年前就倡导“教学做合一”的思想,他提出学习不应该是单方面的,也不是灌输的,应该是教与学双方的,学生是主体,并指出“教学做是一件事,不是三件事。我们要在做上教,在做上学。”陶行知先生所说的“做上教、做上学”意指“做中教、做中学”的意思,也就是说让学生在实践操作中掌握理论知识、学会操作技能,即“先会后懂”、“以用促学”,这样的教学模式更能提高学生的学习兴趣,激发学生的学习热情。

电子设计自动化 EDA 是电子信息类专业的核心课程,是一门实践性很强的课程,是以计算机为工具,设计者在 EDA 软件平台上,实现原理图的绘制、电路板的设计、电路的模拟和仿真、可编程 ASIC 芯片的设计等。本书主要包括 3 个方面的内容: Protel DXP 2004 的应用(原理图的绘制、电路板的设计)、Multisim 2001 的应用(电路的模拟和仿真)、VHDL 的应用(可编程 ASIC 芯片的设计)。本书教学内容的设计都是围绕着一个个工作任务(单项训练项目和综合实训项目)而展开的,读者可以边做边学,边学边做。

本书通篇贯穿着“项目为主线”的开发思路和“教学做合一”的教学理念,主要具有以下特点:

- 乐学易学的单项训练项目:针对每个知识点和技能点都精心设置了单项训练项目,读者可以边做边学。如果需要进一步详细了解相关知识点,可以阅读“知识链接”版块。
- 综合实训项目:每一篇的最后都设置了综合实训项目,涵盖了本篇重要的知识点,在单项训练项目的基础上进一步培养读者的综合应用能力与创新意识。
- 内容丰富的典型案例:本书案例丰富,包括了 27 个单项训练项目和 4 个综合实训项目。

本书主要由郭振民教授策划,丁红拟定大纲并组织实施,王斌老师参与研究,并提供部分案例。本书第 1.1 节和第 1.2 节、第二篇、第三篇由丁红编写,第 1.3 节和第 1.4 节由郑棣编写。伏焕祝同学参与了部分章节的校对工作。

由于编者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请使用本书的老师和同学们提出宝贵意见。

作者联系信箱: hebiancao65@163.com。

编者

2008 年 12 月

本书导读

本书包括 3 篇：Protel DXP 2004 的应用、Multisim 2001 的应用和 VHDL 的应用。每一篇包括了入门简介、单项训练项目和综合实训项目。一共有 27 个单项训练项目和 4 个综合实训项目。

每一个单项训练项目都是围绕某一个知识要点而设计的，为了便于读者阅读和有针对性的学习，下面对每一个单项训练项目做一下简短说明。

一、原理图的设计

◆ 单项训练项目 1 模拟放大器电路图的绘制

知识要点：Protel DXP 2004 的启动、项目的新建和保存、原理图文件的新建和保存、Protel DXP 2004 中文件的组织关系、查找和放置元器件、元器件属性的设置。

◆ 单项训练项目 2 实用门铃电路的绘制

知识要点：原理图绘制的一般步骤、电路图图纸参数的设置、如何加载和删除元件库、元件的编辑操作（剪切、复制、拷贝、粘贴）、导线和电源符号的使用。

◆ 单项训练项目 3 模/数转换电路的绘制

知识要点：配线工具栏的使用。

◆ 单项训练项目 4 LED 驱动电路图的设计

知识要点：实用工具栏中各工具组的使用。

◆ 单项训练项目 5 红外遥控信号转发器电路的设计

知识要点：层次原理图绘制的两种方法：自顶向下和自底向上。

◆ 单项训练项目 6 实用门铃电路的编译及报表的生成

知识要点：ERC 检查、元件重新编号、网络表和元件清单的生成、打印设置。

◆ 单项训练项目 7 74LS 系列元件的设计

知识要点：电路图中元件库的创建方法，在元件库中创建库元件。

◆ 单项训练项目 8 74LS00 元件的设计

知识要点：在元件库中创建包含多个子件的集成块元件。

二、电路板的制作

◆ 单项训练项目 1 555 电路印制电路板的设计

知识要点：印制电路板的概念、为原理图中的元件添加封装、新建和保存印制电路板文件、PCB 的更新、自动布局、手动布局、自动布线。

◆ 单项训练项目 2 两级放大电路电路板的制作

知识要点：使用向导自动生成 PCB 文件、元件的布局原则和布局方法。

◆ 单项训练项目 3 设置自动布线的参数生成印制电路板

知识要点：层的概念、自动布线规则的设置、自动布线的技巧和方法、过孔的概念及作用。

◆ 单项训练项目 4 完善脉冲式快速充电器的印制电路板

知识要点：手动布线及调整、修改 PCB 电路板形状、放置定位孔、填充的作用和放置、补泪滴的作用和设置、覆铜的作用和放置、DRC、3D 显示。

◆ 单项训练项目 5 单片机小系统电路的印制电路板制作

知识要点：多层板的概念、多层板的设计、制板其他技术介绍。

◆ 单项训练项目 6 制作元件封装

知识要点：元器件封装库编辑器和管理器的介绍、手工创建元件封装、利用向导创建元件封装、修改系统元件封装、生成元件封装库报表、建立集成元件库。

三、Multisim 2001 的使用

◆ 单项训练项目 1 单管共射放大电路的设计

知识要点：Multisim 2001 的工作界面介绍，Multisim 2001 中的常用菜单、工具和命令，Multisim 2001 系统环境的设置，Multisim 2001 中的常用编辑操作。

◆ 单项训练项目 2 十进制计数电路图的设计和仿真

知识要点：Multisim 2001 中的元件库介绍、元件库中元件的使用、元器件属性的编辑方法、Multisim 2001 中开关的使用及属性的设置、Multisim 2001 中仿真按钮的使用。

◆ 单项训练项目 3 简单电阻串联分压电路的仿真

知识要点：电压表和瓦特表的使用、仪器仪表工具栏中工具按钮的使用介绍。

◆ 单项训练项目 4 J-K 触发器的仿真分析

知识要点：示波器的使用。

◆ 单项训练项目 5 组合逻辑电路的设计

知识要点：逻辑转换仪的使用。

◆ 单项训练项目 6 创建一个全加器子电路模块

知识要点：子电路模块的创建和调用。

◆ 单项训练项目 7 晶体管放大电路的分析

知识要点：基本的仿真分析方法。

四、VHDL 的应用

◆ 单项训练项目 1 三一八译码器电路的设计

知识要点：编译环境 MAX+plus II 的界面介绍、MAX+plus II 常用菜单的作用、MAX+plus II 中的设计开发步骤、原理图输入和文本输入两种方法。

◆ 单项训练项目 2 用 VHDL 语言设计全加器电路

知识要点：VHDL 代码的结构介绍。标识符、关键字、库和包、实体及结构体。

◆ 单项训练项目 3 四位与门电路的设计

知识要点：数据类型和运算符的使用、VHDL 中常用的数据对象。

◆ 单项训练项目 4 八选一数据选择器的设计

知识要点：顺序语句的概念，IF 语句、CASE 语句的使用，LOOP 语句、NEXT 语句、EXIT 语句、WAIT 语句的含义及用法。

◆ 单项训练项目 5 异步置位/复位边沿 D 触发器的设计

知识要点：并行语句的概念和使用、信号的属性。

◆ 单项训练项目 6 四位移位寄存器的设计

知识要点：层次化设计思想及层次化设计方法，元件例化语句的使用，参数传递语句、生成语句的作用和用法。

目 录

前言

本书导读

第一篇 Protel DXP 2004 的应用	1
1.1 带你认识 Protel DXP 2004	1
1.2 单项训练项目——原理图的设计	6
项目 1 模拟放大器电路图的绘制	6
项目 2 实用门铃电路的绘制	18
项目 3 模/数转换电路的绘制	27
项目 4 LED 驱动电路图的设计	36
项目 5 红外遥控信号转发器电路的设计	47
项目 6 实用门铃电路的编译及报表的生成	55
项目 7 74LS 系列元件的设计	65
项目 8 74LS00 元件的设计	70
1.3 综合实训项目——键盘电路的设计	75
1.4 单项训练项目——印制电路板 (PCB) 的设计	78
项目 1 555 电路印制电路板的设计	78
项目 2 两级放大电路电路板的制作	91
项目 3 设置自动布线的参数生成印制电路板	109
项目 4 完善脉冲式快速充电器的印制电路板	125
项目 5 单片机小系统电路的印制电路板制作	140
项目 6 制作元件封装	152
1.5 综合实训项目——USB 控制数码管显示电路的制作	164
第二篇 Multisim 2001 的应用	170
2.1 带你认识 Multisim 2001	170
2.2 单项训练项目——Multisim 2001 的使用	173
项目 1 单管共射放大电路的设计	173
项目 2 十进制计数电路图的设计和仿真	180
项目 3 简单电阻串联分压电路的仿真	188
项目 4 JK 触发器的仿真分析	194
项目 5 组合逻辑电路的设计	200
项目 6 创建一个全加器子电路模块	204
项目 7 晶体管放大电路的分析	206
2.3 综合实训项目——四位全加器电路的模拟仿真	216
第三篇 VHDL 的应用	218
3.1 带你认识 VHDL	218

3.2 单项训练项目	221
项目 1 三一八译码器电路的设计	221
项目 2 用 VHDL 语言设计全加器电路	234
项目 3 四位与门电路的设计	239
项目 4 八选一数据选择器的设计	243
项目 5 异步置位/复位边沿 D 触发器的设计	249
项目 6 四位移位寄存器的设计	254
3.3 综合实训项目——16-4 编码器的设计	259
参考文献	268

第一篇 Protel DXP 2004 的应用

本篇内容:

- 1.1 带你认识 Protel DXP 2004
- 1.2 单项训练项目——原理图的设计
- 1.3 综合实训项目——键盘电路的设计
- 1.4 单项训练项目——印制电路板 (PCB) 的制作
- 1.5 综合实训项目——USB 控制数码管显示电路的制作

1.1 带你认识 Protel DXP 2004

Protel DXP 2004 是澳大利亚 Altium 公司于 2002 年推出的一款电子设计自动化软件。它的主要功能包括: 原理图编辑、印制电路板设计、电路仿真分析、可编程逻辑器件的设计。用户使用最多的是该款软件的原理图编辑和印制电路板设计功能。

下面通过具体的原理图和印制电路板实例来介绍 Protel DXP 2004 的功能。

图 1-1 所示是单片机的小系统部分电路原理图, 图 1-2 所示是该电路原理图所对应的印制电路板。要求通过对原理图和印制电路板的认识来了解 Protel DXP 2004 的功能, 并了解 Protel DXP 2004 中的原理图、电路板、元件、封装等基本概念。

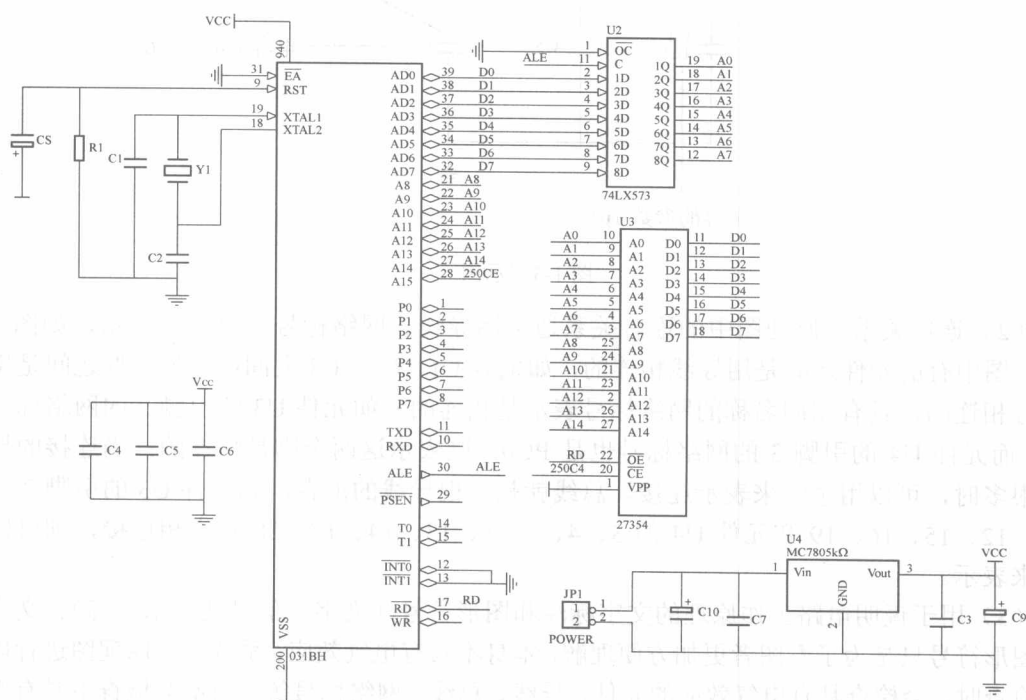


图 1-1 单片机小系统部分电路原理图

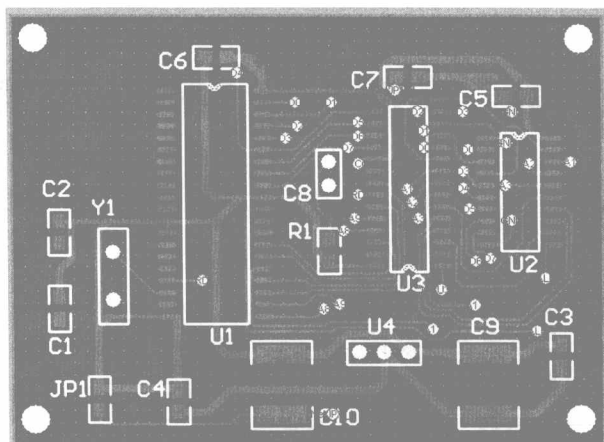


图 1-2 单片机小系统部分电路板

1.1.1 原理图概述

原理图用于表示电路的工作原理，通常由以下几个部分构成：

(1) 元件的图形符号及元件的相关标注（元件的标号、元件的型号、元件的参数），如图 1-3 所示。

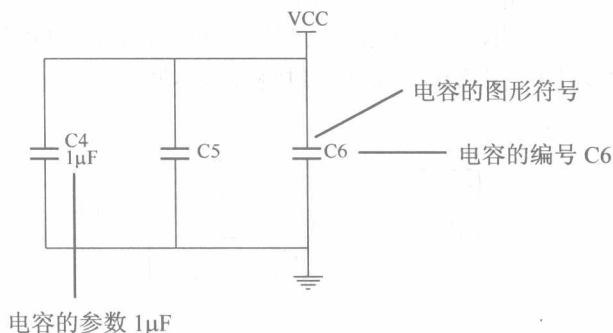


图 1-3 示例

(2) 连接关系。原理图中的连接关系通常用导线、网络标号、总线等表示，如图 1-4 所示。图中有的元件之间是用导线相连的，如电容 C1、C2、C3 之间；有的元件之间是用网络标号相连的，具有相同名称的网络标号表示是相连的，如元件 U3 的引脚 2 的网络标号是 PC0，而元件 U4 的引脚 3 的网络标号也是 PC0，则表示这两个脚是相连的；当连接的导线数量很多时，可以用总线来表示连接，总线就是多根导线的汇合，如元件 U3 的引脚 2、5、6、9、12、15、16、19 和元件 U4 的 3、4、7、8、13、14、17、18 对应相连接，则可以用总线来表示。

(3) 用于说明电路工作原理的文字标注和图形符号（文字、信号波形示意等）。文字标注和图形符号只是为了看图者更加方便理解，本身不具有电气效应。系统在对原理图进行电气规则检查时，会检查具有电气效应的元件、导线、总线、网络标号等，而不会检查不具有电气效应的文字标注和波形示意等。

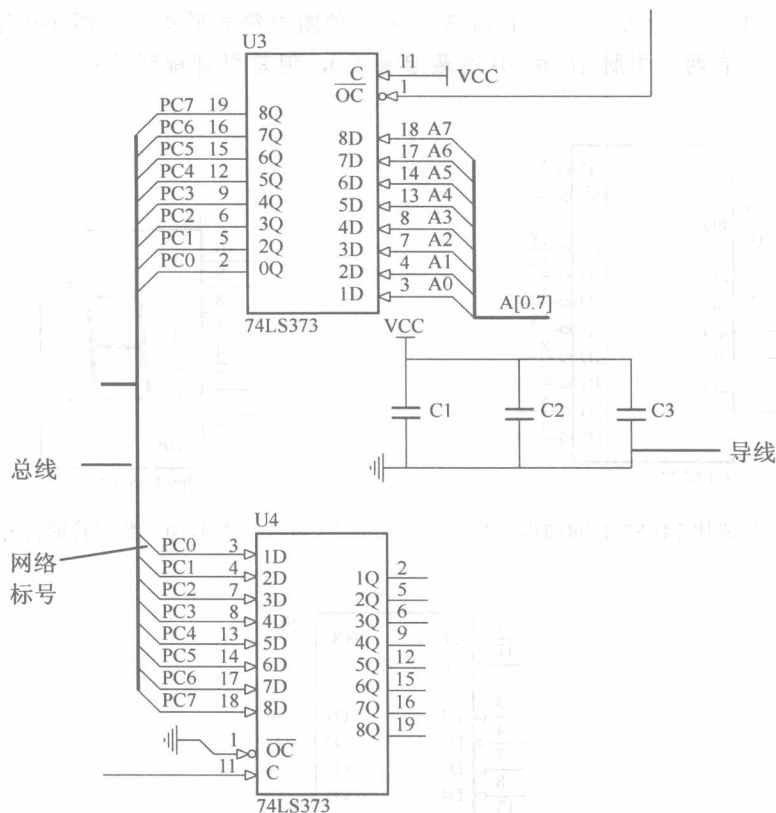


图 1-4 示例

知识链接：元件的图形符号

元件符号就是用来表示元器件引脚电气分布关系的一个图形标志，它是和现实中的元件相对应的。图 1-5 所示是普通电阻的符号，图 1-6 所示是可变电阻的符号，图 1-7 所示是普通二极管的符号，图 1-8 所示是发光二极管的符号，图 1-9 所示是集成块 74LS373 的符号，图 1-10 所示是数码管的符号。

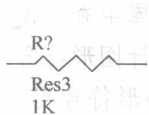


图 1-5 普通电阻

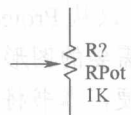


图 1-6 可变电阻

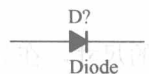


图 1-7 普通二极管



图 1-8 发光二极管

同一个器件所对应的图形符号可以有不同种，但是必须保证图形符号所包含的元件引脚信息是正确的，如引脚的数量必须相等、引脚的一些电气属性必须相同，而引脚的位置排列则

可以不同。如图 1-11 所示是元件 74LS373 的另一种图形符号形式，和图 1-9 比较，引脚数量一样（图 1-9 中，有两个引脚 10 和 20 隐藏起来了），但是引脚排列不一样。

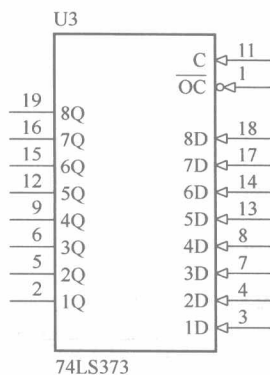


图 1-9 集成块 74LS373 的图形符号 1

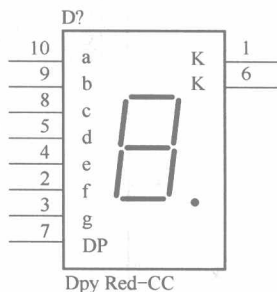


图 1-10 数码管的符号

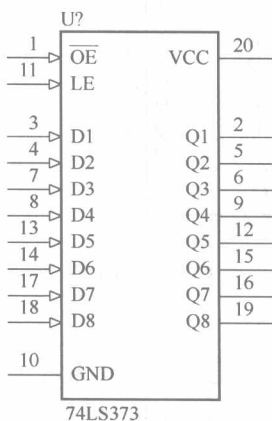


图 1-11 集成块 74LS373 的图形符号 2

Protel DXP 2004 提供了很多元件库，每个元件库中都包含了成百上千的图形符号，用户在进行原理图设计时，可以从 Protel DXP 2004 所提供的元件库中查找使用所需要的图形符号。如果库中不存在用户所需要的图形符号，用户也可以自己设计图形符号。

为了用户使用的方便，本书将 Protel DXP 2004 常用的图形符号附录在本书的附录 1 中。

1.1.2 电路板概述

1. 电路板的概念

印制电路板（PCB）是以绝缘基板为材料，加工成一定的尺寸，在其上有一个导电图形，以及导线和孔，从而实现了器件之间的电气连接。在用户使用电路板时，只需要根据原理图，将元件焊接在相应的位置即可。

印制电路板由元件封装、导线、元件孔、过孔（金属化孔）、安装孔等构成，如图 1-12 所示。

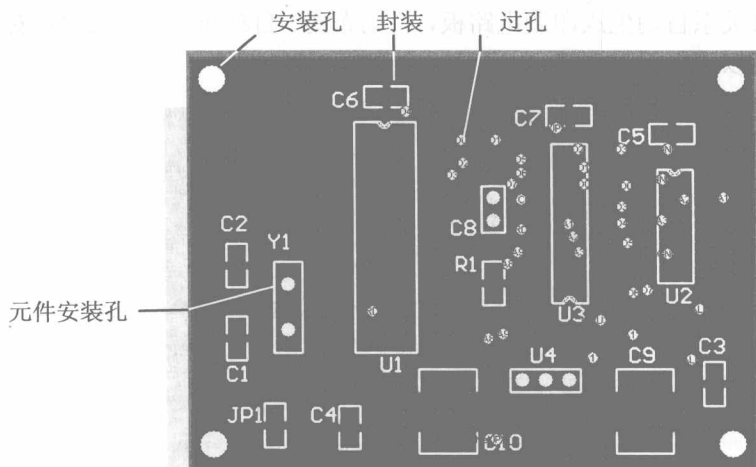


图 1-12 单片机小系统电路板

2. 元件封装的概念

元件封装指的是实际元器件焊接到电路板上时，在电路板上所显示的外形和焊点位置。如图 1-13 所示是电阻的插针式封装。

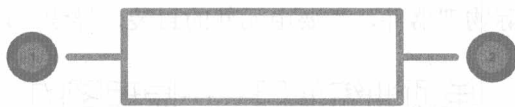


图 1-13 电阻的封装

元件封装只是空间的概念，大小要和实际器件匹配，引脚的排布以及引脚之间的距离和实际器件一致，这样在实际使用的时候就能够将器件安装到电路板上对应的封装位置。如果尺寸不匹配，则无法安装。

不同的元件可以使用同一种封装，如电阻、电容、二极管都是具有两个引脚的元件，那么它们可以使用同一种封装，只要封装的两个焊盘间距离和实际器件匹配即可。

同一种元件可以使用不同类型的封装，如普通电阻，因为电阻的功率不同而导致不同功率的电阻在外形上有差异，有的电阻较大、有的电阻较小，所以电阻对应的封装也有不同的类型。如 AXIAL-0.3 对应的是焊盘间距离为 300mil 的电阻的封装，而 AXIAL-0.4 对应的是焊盘间距离为 400mil 的电阻的封装，同样有 AXIAL-0.5、AXIAL-0.6、AXIAL-0.7 等，如图 1-14 所示。

3. 原理图和电路板之间的对应关系

通过比较图 1-1 和图 1-2 可以看出，电路板上的导电图形和电路原理图中元件及元件之间的连接关系是对应的。原理图上的每个元件在电路板上都对应一个封装，原理图中的连接关系也一一反映在电路板中的导线连接上。

原理图只是元件及元件之间连接关系的一种逻辑表示，而电路板是反映这种逻辑关系的实际器件。

使用 Protel DXP 2004 制作电路板的方便之处在于，当原理图绘制完成后，软件能够根据

原理图中的逻辑关系自动生成印制电路板, 自动布局、自动布线, 如果用户对系统的布局和布线不满意, 还可以进行手工调整。

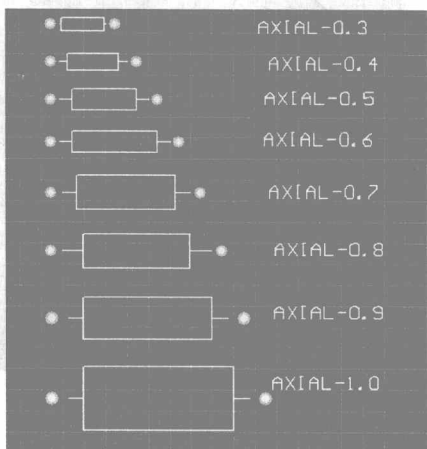


图 1-14 电阻所对应的不同封装

由此可知, Protel DXP 2004 的两个主要功能是: 绘制电路原理图和制作印制电路板。

原理图主要由元件的图形符号、元件之间的连接、相应的文字标注构成。印制电路板是反映原理图连接关系的实际物理器件, 主要由元件的封装、导线、过孔、安装孔等构成。

1.2 单项训练项目——原理图的设计

项目 1 模拟放大器电路图的绘制

在 Protel DXP 2004 中如何新建和保存原理图文件; 如果需要绘制多张相互关联的原理图, 这些原理图文件在 Protel DXP 2004 中是如何组织的; 原理图中的元件如何放置, 这都是初学者感到迷茫的问题。

下面通过一个简单的模拟放大器电路来叙述绘制一个原理图的过程。



训练任务

本项目需要完成的任务是绘制一张简单的模拟放大器电路图, 要求使用 Protel DXP 2004 绘制, 电路如图 1-15 所示。



学习目标

- 掌握如何启动 Protel DXP 2004。

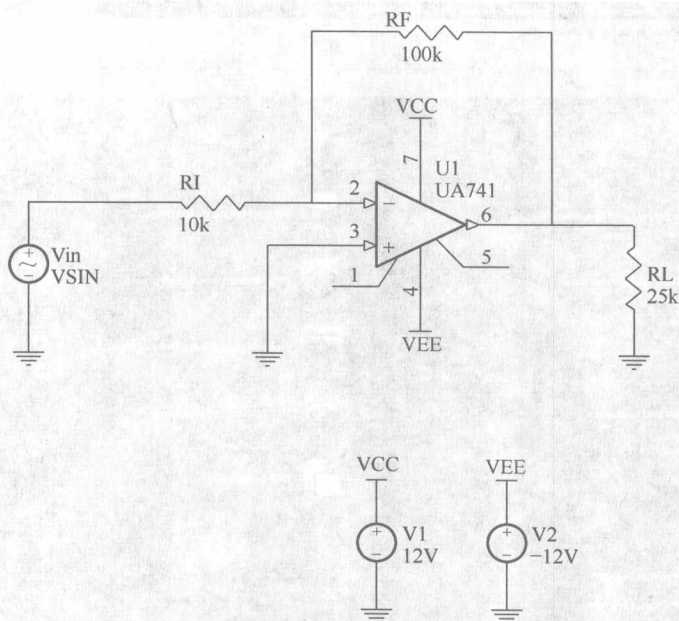


图 1-15 模拟放大器电路图

- 学会新建和保存原理图文件，掌握设计项目和文件的关系。
- 掌握查找和放置元器件，并设置元器件属性。
- 掌握使用导线连接元器件，并学会放置电源符号。



执行步骤

步骤 1：启动 Protel DXP 2004

启动 Protel DXP 2004 一般有 3 种方法：

- (1) 双击 Windows 桌面上的快捷方式图标。
- (2) 单击“开始”→“程序”→Altium→DXP 2004 命令。
- (3) 单击“开始”→DXP 2004 命令。

Protel DXP 2004 启动后，系统出现启动画面，几秒钟后系统进入程序主界面，如图 1-16 所示。

知识链接：Protel DXP 2004 的汉化

Protel DXP 2004 支持中文语言的界面菜单显示，但是在汉化之前应该先安装 Protel DXP 2004 的升级补丁 Service Packet 2 (SP2)。该补丁可以从网络中搜索并下载。

安装了 SP2 后，打开 Protel DXP 2004，单击界面左上角的 DXP 系统配置菜单，选择弹出的 Preferences 选项。

在弹出的系统属性对话框中，选择 General 选项卡，然后选中右下角的 Use Localized(resource) 复选框，再分别选中 Display Localized dialogs 单选按钮和 Localized Menus 复选框。

选择完毕，单击 Apply 和 OK 按钮即可。当下次启动 Protel 时，就会看到菜单和对话框大都进行了汉化。

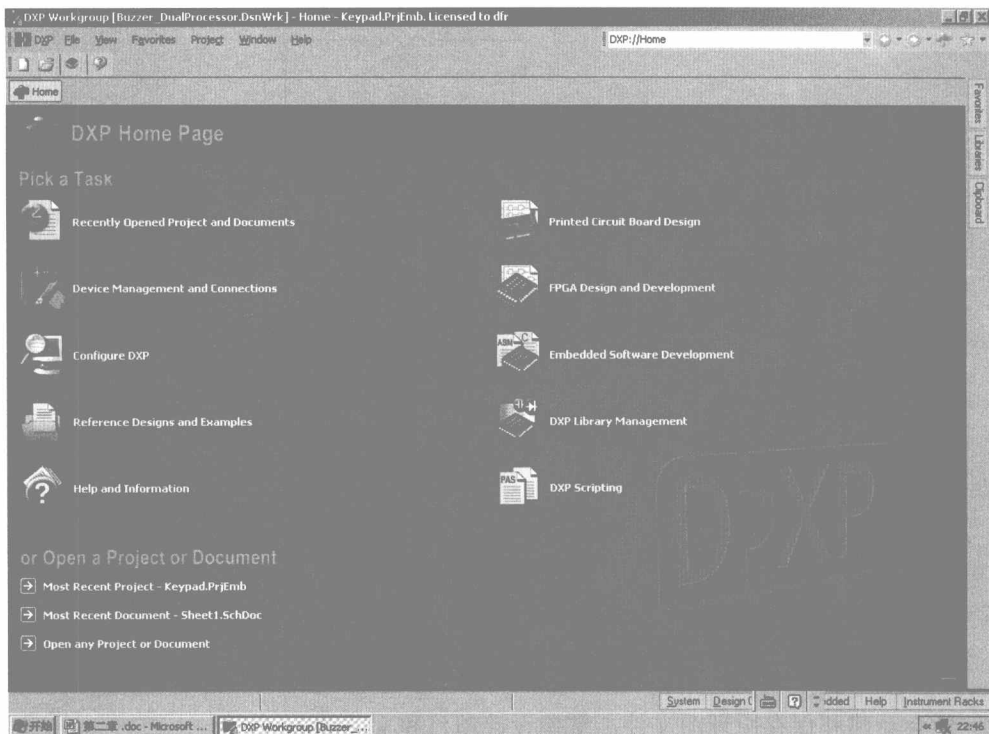


图 1-16 Protel DXP 2004 主界面

针对大多数读者的实际需要，本书就是对汉化版进行讲解的。

Protel DXP 2004 有 SP1、SP2、SP3、SP4 共 4 个补丁包，用户可以根据自己的需要选择安装相应的补丁包，一般 SP1 和 SP2 是必要的，SP3 和 SP4 可以选择安装，安装了相应的补丁后，界面会有一些小区别。

本书主要是针对 SP2 版本编写的。

步骤 2：电路原理图文件的新建和保存

(1) 新建 PCB 项目：单击“文件”→“创建”→“项目”→“PCB 项目”命令，如图 1-17 所示。

执行完毕后，新建了一个名为 PCB_Project1.PrjPCB 的 PCB 项目文件，显示在文件面板的下方，如图 1-18 所示。

(2) 新建原理图设计文件：单击“文件”→“创建”→“原理图”命令，新建了一个名为 sheet1.schdoc 的原理图设计文件，显示在 PCB 项目 PCB_Project1.PrjPCB 的下方，如图 1-19 所示。

(3) 保存原理图设计文件：单击“文件”→“保存”命令，在弹出的对话框中将原理图设计文件保存为“模拟放大器电路图.schdoc”。

(4) 保存设计项目：单击“文件”→“另存项目为”命令，在弹出的对话框中将项目保存为“模拟放大器.PrjPCB”。

保存后文件面板中的文件名也同步更新为“模拟放大器电路图.schdoc”。右边的空白图纸就是 Protel DXP 2004 的原理图绘制工作区域。