



高职高专“十三五”规划教材·电子类



电子线路CAD设计

项目化教程

主编 冯伟 张萍

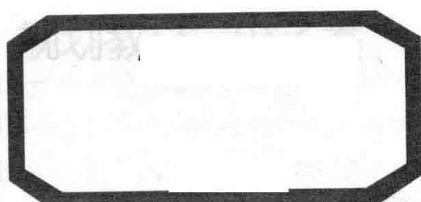
立体化教材

- ◆ 知识点
- ◆ 微课视频
- ◆ 实训项目



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专“十三五”



电子线路 CAD 设计

项目化教程

主 编 冯伟 张萍

副主编 朱琛



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书详细地介绍了 Protel 99SE 和 Altium Designer 软件的基本操作和使用方法,从实际应用角度出发,阐述了利用 Protel 99SE 和 Altium Designer 软件完成电路原理图到 PCB 设计全过程,同时对 PCB 设计中的基本原则和设计技巧进行了重点介绍。书中总计七个项目,每一个项目都是一个完整的设计案例,让读者在学习的过程中不仅能够熟练掌握软件的操作技巧,同时能够掌握实际应用中 PCB 设计的基本方法。

本书的编写基于作者多年的教学经验,内容安排图文并茂,实用性强,适合于“教-学-做”一体化的教学过程,也适合读者自学。本书可作为高职高专院校相关专业学生的教材,也可供从事电路 CAD 设计的工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路 CAD 设计项目化教程/冯伟,张萍主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.2

ISBN 978-7-5606-4432-5

I. ① 电… II. ① 冯… ② 张… III. ① 电子电路—计算机辅助设计—高等学校—教材
IV. ① TM702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 016281 号

策 划 马乐惠 马 琼

责任编辑 马 琼 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 12.5

字 数 292 千字

印 数 1~2000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978-7-5606-4432-5/TM

XDUP 4724001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

EDA(Electronic Design Automation)即电子设计自动化技术,是指利用计算机(工作平台)进行电子产品的自动设计。当前对于电子产品而言,计算机中可用的相关设计软件很多,外形、模型、电路原理图、仿真、PCB 设计等都有所涉及。本书主要讲解电子产品设计中的原理图绘制和 PCB 设计的过程,以及相关软件。本书所涉及到的软件主要为 Protel 99SE 和 Altium Designer。

很多人问过我:为什么选择讲 Protel 99SE?用哪个软件设计 PCB 比较好?为什么不用最新版本?为什么不用企业级的?我这样认为:对于 PCB 设计而言,软件只是一个工具,我们所要做的是很好地利用这个工具进行电子产品设计。不同的软件有不同的功能,有些软件可能在某些方面操作起来比较方便,有其明显的优势,但是对于电子产品设计而言,最终我们是要通过软件设计出合格的产品,而不是仅仅学习这个软件的功能,电子产品设计中更重要的是掌握不同类型电路的设计方法和设计原则。Protel 99SE 软件使用比较便捷,安装简单,操作方便,而且初学者很容易上手,在一般四层以下的电路板 PCB 设计中,它还是比较实用的。近几年,Altium 软件更新比较快,而且功能比 Protel 99SE 软件更强大。学会了 Protel 99SE 软件的操作方法后,再学习 Altium 要容易很多,所以本书在讲解完 Protel 99SE 软件后,也对 Altium 软件进行了简单介绍。

本书主要讲解了利用 Protel 99SE 软件进行电路原理图设计和 PCB 设计,并按照项目进行内容设置,每一个项目都是一个完整的设计案例,从简单到复杂。这样做的目的是让读者能够更好地熟悉软件的使用方法,同时,对不同电路的 PCB 设计有更加深入、直观的了解。

需要说明:书中所有的电路图均取自 Protel 99SE 或 Altium Designer 软件,为便于对照学习,因此未对有些符号及标注进行规范,请读者阅读时注意区分。同时,本书配套提供了 37 个微课视频,对重要知识点进行讲解,部分视频时长超过 10 分钟,建议读者在 WiFi 环境下观看。

本书由陕西邮电职业技术学院冯伟编写项目一~项目三和项目七,陕西邮电职业技术学院张萍编写项目四~项目六。冯伟和武昌职业学院朱琛负责全书的统稿与审校工作。

鉴于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 10 月

目 录

概述	1
0.1 PCB 基础知识	1
0.1.1 印制电路板的概念	1
0.1.2 印制电路板的组成	2
0.2 电子产品设计的一般流程	2
0.3 元件类型	5
项目一 单管放大电路设计	6
1.1 项目概述	6
1.2 设计数据库及文件创建基本操作	6
1.3 原理图编译器界面简介	10
1.3.1 菜单栏	11
1.3.2 工具栏	11
1.3.3 管理窗口	13
1.3.4 文件标签	13
1.3.5 工作窗口	13
1.4 单管放大电路原理图的绘制	15
1.4.1 放置元件及布局	15
1.4.2 修改元件属性参数	17
1.4.3 绘制导线	18
1.4.4 放置电源对象	20
1.4.5 ERC 校验	20
1.4.6 生成元件清单	22
1.5 元件封装	25
1.6 PCB 编译器界面简介	28
1.6.1 菜单栏	29
1.6.2 工具栏	30
1.6.3 管理窗口	30
1.6.4 印制电路板的层	31
1.7 单管放大电路的 PCB 设计	33
1.7.1 修改元件封装与创建网络表	33
1.7.2 加载网络表	35
1.7.3 PCB 布局	40
1.7.4 PCB 布线	43
1.7.5 其它操作	48
项目总结	49

实践训练	50
项目二 直流稳压电源电路设计	53
2.1 项目概述	53
2.1.1 整流滤波电路的工作原理	54
2.1.2 三端固定稳压器和三端可调稳压器	55
2.1.3 整流桥和整流二极管	56
2.2 直流稳压电源电路原理图绘制	57
2.2.1 自定义元件的原理图符号	58
2.2.2 原理图绘制	62
2.3 自定义元件封装	64
2.3.1 10uf 小电解电容封装设计	64
2.3.2 发光二极管的封装设计	69
2.3.3 整流桥封装设计	71
2.3.4 稳压器封装设计	72
2.3.5 接口封装设计	74
2.4 直流稳压电源电路的 PCB 设计	75
2.4.1 添加元件封装库	75
2.4.2 封装修改	78
2.4.3 精准的 PCB 对称布局	80
2.5 PCB 设计中的一些技巧	83
2.5.1 焊盘补泪滴	83
2.5.2 布线规则设置	84
项目总结	85
实践训练	85
项目三 8051 红外遥控控制电路	89
3.1 项目概述	89
3.2 8051 红外遥控接收电路原理图设计	91
3.2.1 加载元件库	91
3.2.2 自定义元件	93
3.2.3 绘制电路原理图	93
3.3 8051 红外遥控接收电路 PCB 设计	94
3.3.1 自定义元件封装	94
3.3.2 8051 红外遥控接收电路 PCB 设计	95
3.4 带总线的原理图绘制	97
项目总结	98
实践训练	99
项目四 47 耳放设计	101
4.1 项目概述	101
4.2 47 耳放电路原理图绘制	102

4.2.1	复合式元器件	102
4.2.2	自定义复合式元器件	106
4.3	47 耳放的 PCB 设计	108
4.3.1	自定义元件封装	108
4.3.2	47 耳放的 PCB 设计	109
4.3.3	音频电路 PCB 走线中的一点接地	110
	项目总结	110
	实践训练	111
项目五	TDA2030 2.1 音频功率放大器	114
5.1	项目概述	114
5.2	2.1 音频功率放大器原理图绘制	115
5.3	自定义元件封装	115
5.3.1	电位器的封装设计	115
5.3.2	TDA2030 的封装设计	116
5.4	2.1 音频功率放大器 PCB 设计	117
5.4.1	双面 PCB 工艺简介	117
5.4.2	双面 PCB 设计基础	118
5.4.3	过孔布线处理	120
5.4.4	TDA2030 2.1 音频功率放大器 PCB 设计	121
	项目总结	122
	实践训练	122
项目六	CH341A 下载器设计	125
6.1	项目概述	125
6.2	认识 SMT 元器件	125
6.2.1	SMT 电阻	126
6.2.2	SMT 电容	127
6.2.3	SMT 二极管	128
6.2.4	SMT 三极管	128
6.2.5	SMT 集成电路封装	129
6.3	自定义 SMT 元件封装	130
6.3.1	SMT 晶振的封装设计	130
6.3.2	SMT 单列接口封装	131
6.3.3	SMT 类型的 USB 母座封装	132
6.4	CH341A 下载器 PCB 设计	133
6.4.1	修改元件封装	133
6.4.2	创建网络表并在 PCB 文件中加载	133
6.4.3	PCB 布局布线	134
	项目总结	135
	实践训练	135

项目七 8051 红外遥控接收电路(基于 Altium Designer 软件).....	138
7.1 Altium Designer 软件中的工程创建	138
7.2 自定义元件	141
7.3 Altium Designer 软件中的原理图绘制基础	145
7.3.1 原理图文件的创建与保存	145
7.3.2 元件放置及属性修改	147
7.3.3 电路连接	148
7.4 自定义元件封装	149
7.4.1 新建 PCB 封装库文件	149
7.4.2 修改元件封装名称	150
7.4.3 绘制元件封装	151
7.5 元件封装的修改与自定义封装的使用	157
7.5.1 修改元件封装	157
7.5.2 使用自定义封装	161
7.6 Altium Designer 软件中 PCB 设计基础	164
7.6.1 创建 PCB 文件	164
7.6.2 从原理图导入 PCB	165
7.6.3 绘制 PCB 的机械层边界	167
7.6.4 设置特殊元件的位置	168
7.6.5 元件布局	169
7.6.6 PCB 规则设置与 PCB 布线	173
7.6.7 3D 显示	177
项目总结	178
实践训练	179
综合实训	181
实训 1 50 W 音频功率放大器设计	181
实训 2 全对称耳放设计	182
实训 3 Solo 耳放电路设计	184
实训 4 出租车里程速度计电路设计	185
实训 5 TC9012 红外遥控发射电路	185
实训 6 STK4182 厚膜功放	186
实训 7 简易计算器	187
实训 8 LME49600 扩流耳放设计	188
附录 1 Protel 99SE 快捷操作	189
附录 2 扩展阅读	191
参考文献	192



概 述

0.1 PCB 基础知识

0.1.1 印制电路板的概念

PCB(Printed Circuit Board)即印制电路板。通常把在绝缘基材上按预定设计制成的印制线路、印制元件或两者组合而成的导电图形称为印制电路；而把在绝缘基材上提供元件之间电气连接的导电图形称为印制线路。因为在印制电路板中，不管是导电路径还是元件标识，都是通过印刷工艺制作而成的。图 0-1 和图 0-2 给出了两个成品的印制电路板。



PCB 基础知识

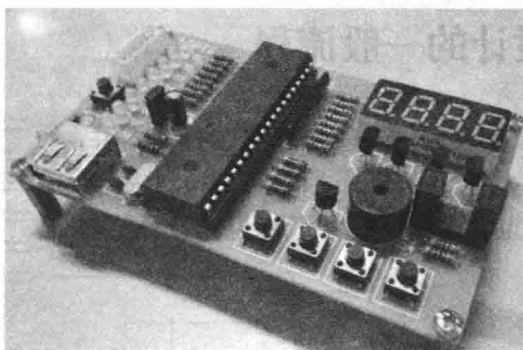


图 0-1 51 单片机电路板



图 0-2 LM1875 功放电路板



印制电路板在电子设备中有以下功能:

- (1) 提供各种电子元器件的固定、装配的机械支持。
- (2) 实现集成电路等各种电子元器件之间的布线和电气连接或电绝缘。
- (3) 为焊接提供元件插装、检查、维修的识别字符和图形。

0.1.2 印制电路板的组成

印制电路板(PCB)由覆铜板腐蚀加工而成,在腐蚀后的覆铜板表面刷上油墨以保护导线,提供字符标识等。

覆铜板由三部分组成:基板、铜箔和黏合剂。

(1) 基板:由绝缘隔热并不易弯曲的材料制作而成。材料多种多样,常用的有纸介质、玻璃纤维、聚四氟乙烯、高分子聚合物等。不同的材料成本不同,性能参数也不同,基板应根据电路的特性进行选取。

(2) 铜箔:将黏合剂平铺在基板表面或者内层,用作电气导线,电路板上的导线就是铜箔腐蚀而成的。

(3) 黏合剂:用来粘连铜箔和基板,要具有耐高温、耐腐蚀等特性。

0.2 电子产品设计的一般流程

一般的电子产品在设计过程中,首先要根据功能需求来选择元器件,设计功能电路,然后进行电路仿真,并进行功能测试和指标分析,最后在测试电路满足功能要求的基础上,完善产品外观和最终电路设计。基本流程如下:

1. 功能分析

确定当前电子产品的功能,具体到电路需要什么样的器件,基本的电路模块及性能指标。

2. 电路仿真

对于确定好功能的电子产品,首先要进行电路设计。在具体的操作之前,应该利用电路仿真软件测试一下电路能否完成所需要的功能。当然,并不是所有的电路都能够进行仿真,也不是所有的电路仿真软件都能够应对所有问题,但是如果电路比较简单,能够仿真,就会大大缩短设计流程,同时能够在设计早期就发现电路所存在的问题。图 0-3 给出了六路抢答器在 Protel 99SE 软件下的仿真电路图。

3. 电路原理图设计

电路原理图设计即根据仿真电路图设计完整的电路原理图,并选择合适的器件,确定器件的类型及尺寸参数。图 0-4 给出了利用 Protel 99SE 软件绘制出的完整的六路抢答器电路原理图。

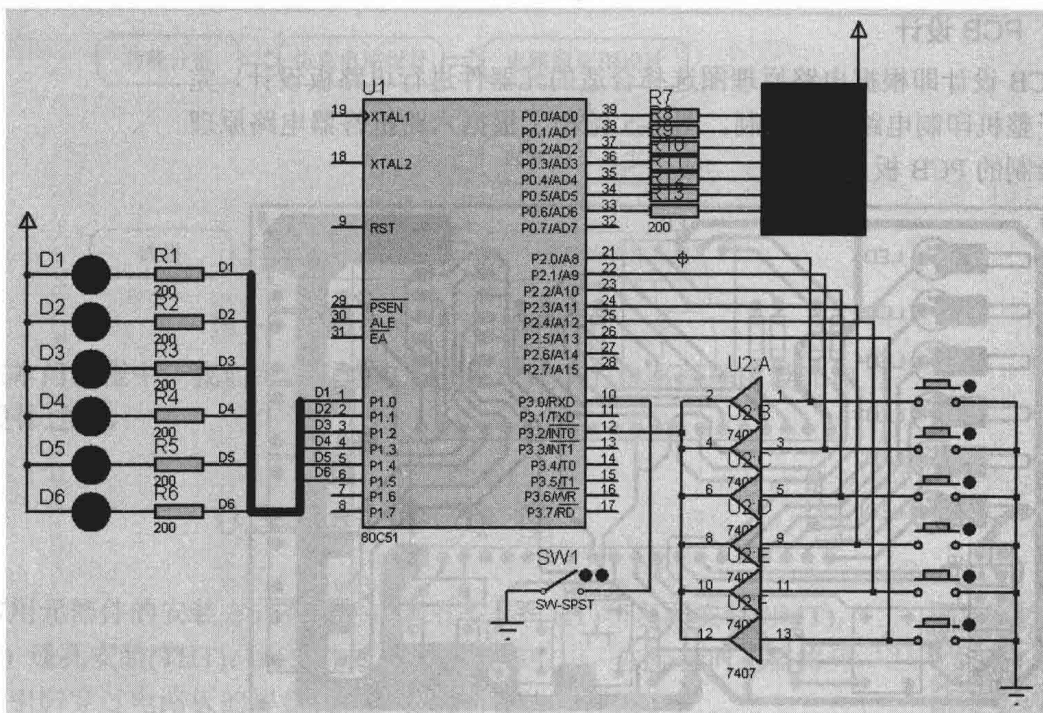


图 0-3 六路抢答器仿真电路图

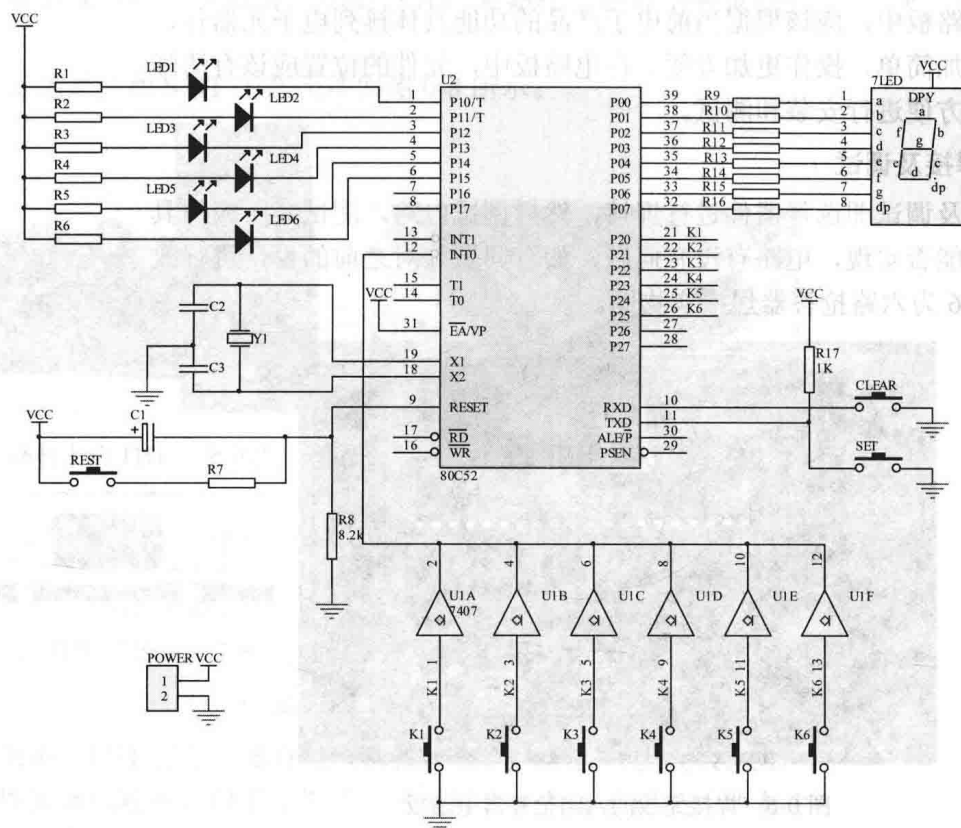


图 0-4 六路抢答器电路原理图



4. PCB 设计

PCB 设计即根据电路原理图选择合适的元器件进行电路板设计,完成电子整机印制电路板的绘制。图 0-5 给出了根据六路抢答器电路原理图所绘制的 PCB 板。

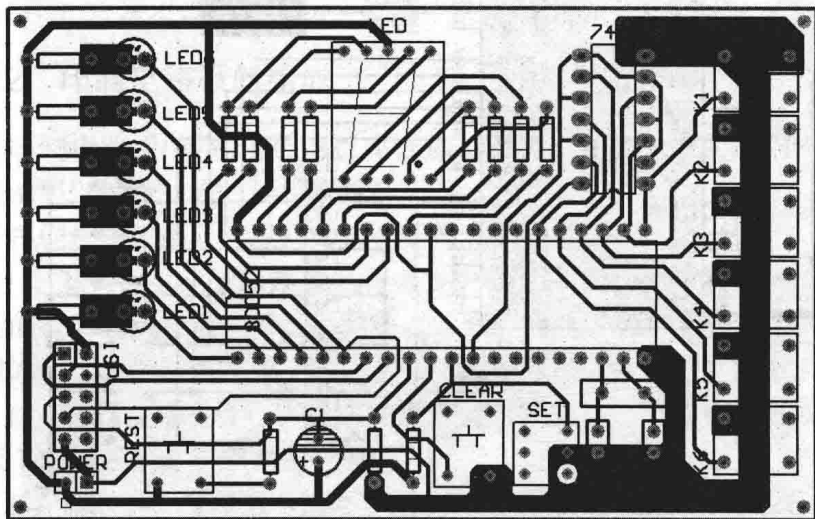


图 0-5 六路抢答器的 PCB 板

在电路板中,应该根据当前电子产品的功能具体排列电子元器件,使连线更加简单,操作更加方便。在电路板中,元件的位置应该有清晰的标注,方便进行安装和测试。

5. 焊接及调试

焊接及调试即选择器件进行焊接,然后调试电路,测试其所应该具备的功能能否实现,电路有没有问题,如有问题须对之前的设计进行改进。图 0-6 为六路抢答器焊接实物图。

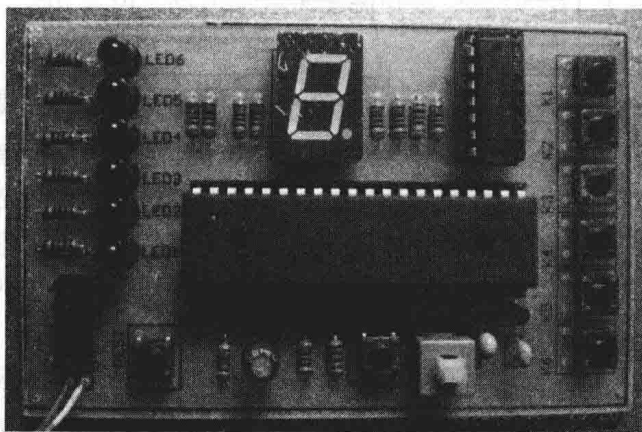


图 0-6 焊接完成的六路抢答器电路板

从上面的过程中我们可以总结出,完成一个电子产品的一般设计过程如图 0-7 所示。

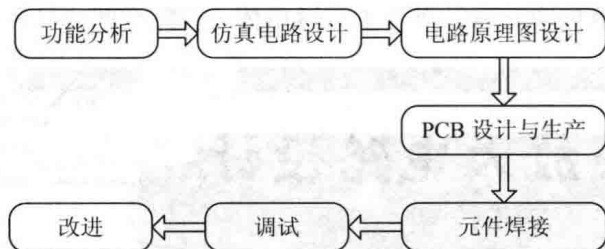


图 0-7 电子产品一般设计流程

在本门课程中，我们主要讨论电子产品设计中的电路原理图设计和 PCB 设计过程。

0.3 元件类型

常用元器件的安装方式有两种：通孔安装(THT)和表面安装(SMT)。

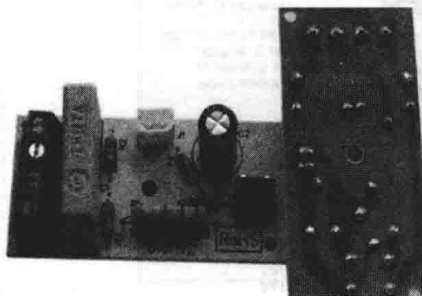
(1) 通孔安装(THT)：元器件的外部有引脚引出，在焊接时，需将元器件的引脚穿过电路板的焊盘孔位，在另一面进行焊接。

(2) 表面安装(SMT)：指元器件的引脚无明显金属引线引出，元件的引脚一般很短或者在元件本身的端部位置，须贴在电路板的表面进行焊接。

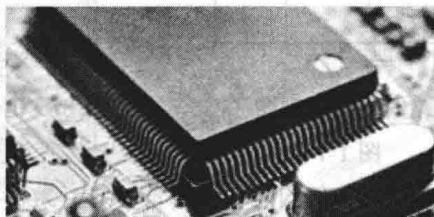
THT 工艺元件和 SMT 工艺元件如图 0-8 所示。



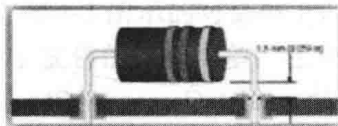
元件类型简介



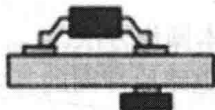
(a) 电路板上的 THT 工艺元件



(b) 电路板上的 SMT 工艺元件



(c) THT 工艺



(d) SMT 工艺

图 0-8 通孔安装和表面安装

相对来讲，THT 工艺元器件组装焊接方便，但元件体积较大；SMT 工艺元器件虽体积较小，但手工焊接时难度较大，且不易组装。随着工艺及工业自动化技术的提高，现在大多数电子产品为了减小整机体积，选择使用 SMT 技术，这样可以提高生产效率。



项目一 单管放大电路设计

1.1 项目概述

单管放大电路是模拟电子技术中最基本的共射极放大电路，比较简单，故以此电路作为课程引入。单管放大电路的电路原理图如图 1-1 所示。

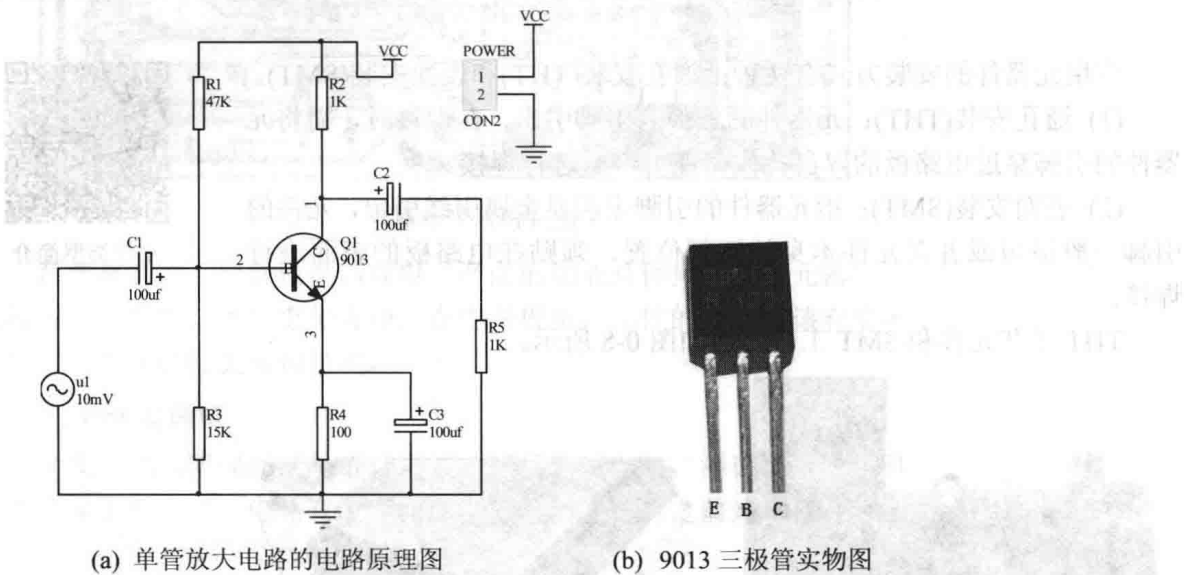


图 1-1 单管放大电路

图 1-1 所示电路是以小功率 NPN 三极管 9013 为核心设计的分压偏置式共射极放大电路，可以实现交流小信号的放大。

本项目主要介绍以下内容：

- (1) Protel 99SE 软件的基本操作方法。
- (2) 在 Protel 99SE 中绘制电路原理图的基本方法。
- (3) 默认封装库中常用的元件封装类型。
- (4) 利用 Protel 99SE 软件进行 PCB 设计的基础知识。

1.2 设计数据库及文件创建基本操作

Protel 99SE(以下简称 99SE)以设计数据库的形式来保存文件，在设计时，首先应建立设计数据库(.ddb 文件)。打开 99SE 软件，界面如图 1-2 所示。从图中可以看出，99SE 的初始界面比较简单，因为我们没有创建任何



设计数据库创建



文件。初始界面只有四个部分：菜单栏、工具栏、管理窗口和工作窗口。

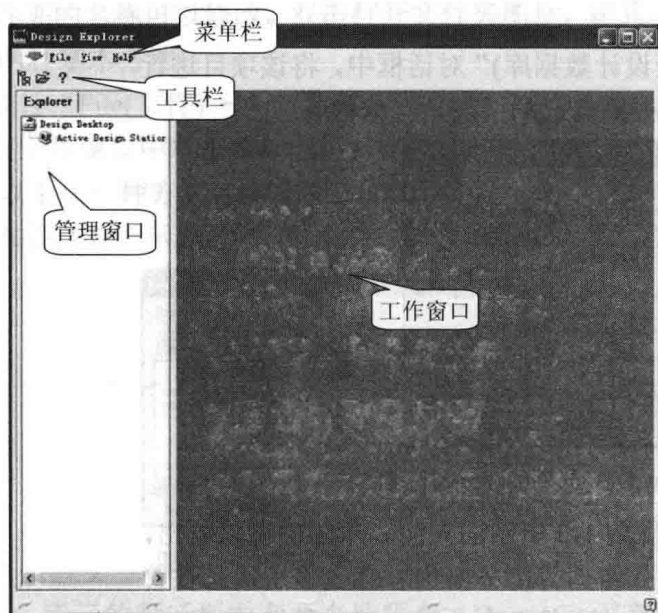


图 1-2 Protel 99SE 软件启动界面

在图 1-2 所示的界面中，执行“File(文件)→New(新建)”菜单命令，系统弹出“New Design Database(新设计数据库)”对话框，如图 1-3 所示。

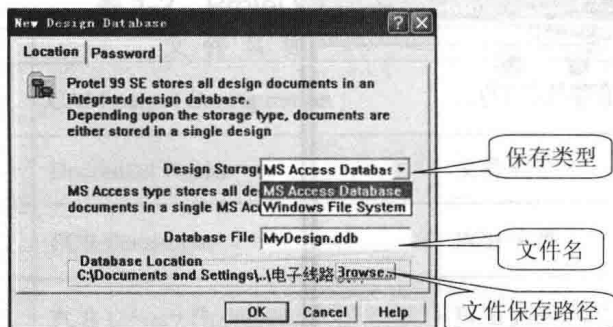


图 1-3 New Design Database 对话框

在图 1-3 所示的对话框下，需要设置三个内容：

(1) 文件的保存类型：在 99SE 中，设计数据库的保存方式有两种，一种是 MS Access Database(微软 Access 数据库)类型，该类型的文件以  图标形式保存；另一种是 Windows File System(Windows 文件系统)类型，该类型的文件以文件夹的形式保存。系统一般默认使用 MS Access Database 类型。

(2) 在“Database File Name(数据库文件名称)”中设置文件名。文件名自己定义，可以是中文，也可以是英文，但后缀必须是 .ddb，表示该文件是一个设计数据库文件。

(3) 修改保存路径。可以根据自己的需求设置文件的保存路径。

注意：Protel 99SE 软件在使用过程中，先要设置文件名和保存路径，



然后才能开始新的设计，所以在使用时，一定要记住修改文件名和保存路径，以方便查找文件。

在“New Design Database(新设计数据库)”对话框中，将该项目进行如图 1-4 所示的设置，保存路径根据自己的情况适当修改。

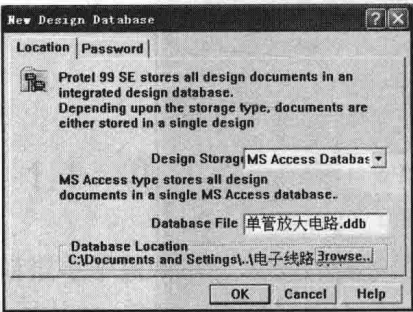


图 1-4 设置 New Design Database 对话框

设置完成后，单击 OK，出现图 1-5 所示的界面。从图中可以看出，菜单栏、工具栏、管理窗口、工作窗口等部分的内容都变多了，且在管理窗口中出现了单管放大电路的具体文件。在此界面下，我们就可以创建新文件。

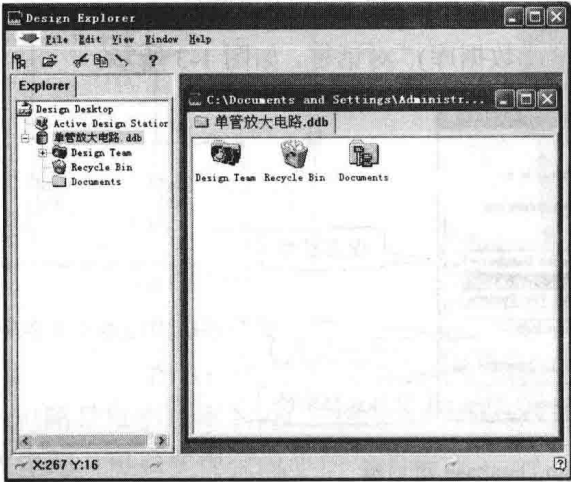


图 1-5 基本界面

图 1-5 所示界面的工作窗口中有三个图标，其功能如表 1-1 所示。

表 1-1 工作窗口图标及功能

图 标	名 称	功 能
 Design Team	设计组图标	设置设计组员的基本权限
 Recycle Bin	回收站图标	存放没有彻底删除的文件
 Documents	文件夹图标	存放设计文件



一般，我们在 99SE 软件中新创建的文件都保存在文件夹中，方便查找。文件夹的名称可以修改。双击打开文件夹图标，在其中创建文件，这可以有两种基本方法：

- (1) 执行“File(文件)→New(新建)”菜单命令。
- (2) 在工作窗口中单击鼠标右键，在下拉菜单中选择“New(新建)”。

执行以上任一种方法，系统都会自动弹出“New Document(新文件)”对话框，如图 1-6 所示。

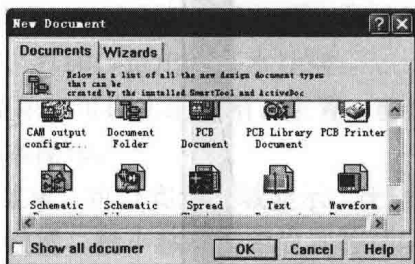


图 1-6 “New Document”对话框

图 1-6 所示的对话框中有两个选项卡，Documents(文件选项卡)和 Wizards(文件创建向导选项卡)。99SE 中所能创建的文件类型在 Documents 选项卡中都有，这里对基本的文件类型做简单介绍，如表 1-2 所示。

表 1-2 Protel 99SE 中的文件类型

文件图标	文件名称	功能
	CAM output Configuration	CAM 制造输出配置文件
	Document Folder	文件夹
	PCB Document	PCB 文件
	PCB Library Document	PCB 封装库文件
	PCB Printer	PCB 打印文件
	Schematic Document	原理图文件
	Schematic Library Document	原理图元件库文件
	Spread Sheet Document	表格文件
	Text Document	文本文件
	Waveform Document	波形文件