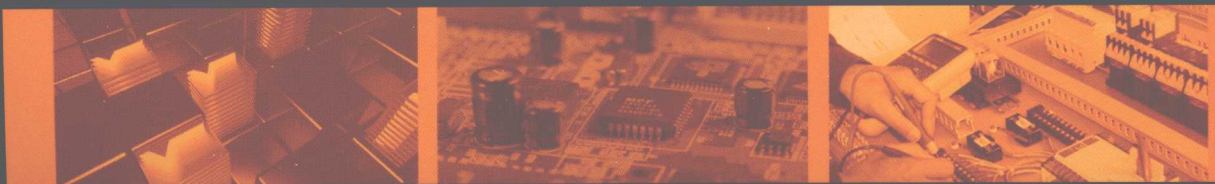




高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材

# 电子电路CAD 项目化教程



兰建花 主编



赠送电子课件和习题解答



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材

# 电子电路 CAD 项目化教程

主 编 兰建花  
参 编 潘世华 任国灿  
      胡 婕  
主 审 王艳玲



NLIC2970826891



机械工业出版社

本书按照工作过程导向组织编写,充分融入 PCB 行业和企业相关实际经验,注重培养学生实际 PCB 设计与制板的技能,紧紧围绕课程的核心技能和最终目标,首先安排了电子电路 CAD 的认知项目,以激发学生的学习动力和激情;然后引入了 6 个由易到难的典型的实际项目(产品),打破了传统的先原理图后 PCB 的组织方式,基于 Protel DXP 2004 的平台从 SCH 绘制开始一气呵成到 PCB 设计,项目组织上由单面板、到双面板,最后是四层板,各项目之间涉及的技能和知识具有层次性、对比性、丰富性。项目 8 适当介绍了相关的仿真技术。接着是电子 CAD 绘图员考证模拟和 CEAC PCB 设计师考证模拟——Protel DXP 模块。最后提供附录,以便学生查阅。

为方便教学,本书配有课程标准,课程整体教学设计、单元教学设计,课程考核方案、具体各个项目过程的考核方案以及习题解答和电子课件等,还配有客观的过程评价体系,凡选用本书作为授课教材的老师均可来电索取,咨询电话:010-88379564。本书可作为中等和高等职业院校电子、电气类相关专业的教材,也可作为从事电子产品设计的技术人员和爱好者的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子电路 CAD 项目化教程/兰建花主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 8

高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-111-38757-2

I. ①电… II. ①兰… III. ①电子电路-电路设计-计算机辅助设计-高等职业教育-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 155707 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:于宁 曹雪伟

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11.5 印张·284 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-38757-2

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

PCB 是电子产品中的重要部件之一,近年来,国内有相当数量的群体从事电路设计和制板(PCB)。本教程最终目标就是要解决如何设计 PCB 的问题。基于市场对担任一线绘图和制板技术人员工作岗位的需要,采取“职业活动导向,工作任务驱动,项目载体”的教学原则,“做学教一体化”的教学模式,本着“易学、够用、实用”的原则,结合学生认知规律和学习特点,由易到难设置了 8 个真实项目,以各任务作引领,以技能训练作为主线,体现从做中学的必备技能和知识。

本书的编写具有以下特点:

1) 紧按照产品的实际电气和工艺要求来设计 PCB,复杂程度不同,但实施结果都是一副完整的 PCB 设计图,都是一个实际产品的支撑体,均可验证。

2) 项目快速正确完成以“方法和技巧”为原则,注重实际能力的培养。项目中安排了适当提示,并且每个项目后有习题,以更好地理解项目过程,促进知识和技能的內化。

3) 与 PCB 设计工程师、电子绘图员职业技能考证相结合,突出课程的实践性,融入行业规范,注重学生职业能力的培养。

4) 电子绘图员和 PCB 设计工程师考证是基于英文版本的,为可持续学习,故没将 Protel DXP 2004 软件汉化。而且即使将软件汉化,库和库元件名也汉化不了。但附录中给出了常用关键菜单命令中英文对照。

**本书电路图中的元器件符号主要来自 Protel DXP 2004 软件元器件库,也有部分为编者自行设计的,有些与国家标准不符,特提请读者注意。**

全书在宁波城市学院电子信息专业群的团队指导下编写完成,潘世华高工、徐济惠副教授、赵黎明副教授对项目的选取与合理性进行了指导,宋坚波老师对 PCB 设计符合电气功能和实际工艺制作提供了支持与帮助。邵华、汪宋良老师在 PCB 元器件封装、PCB 布线方面提供了悉心的指导与支持。他们一直致力于各类电子大赛的人才培养,以“创新、实用”的电子产品来带动电子电路 CAD 技术课程的项目化教学,PCB 设计是电子产品设计的核心和支柱。

本书由兰建花任主编,项目 6 由潘世华高工编写,项目 7 由任国灿高工编写,项目 8 由胡婕老师编写,其余项目由兰建花编写。同时,还得到中国集成电路制造有限公司(上海)万敏工程师的指点。全书由浙江中物九鼎科技孵化器有限公司项目经理王艳玲担任主审,感谢其对电子产品 PCB 设计项目化提供的建设性建议。



在此,对所有帮助和支持本书出版的领导、同事、朋友表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

### 编者

# 目 录

<b>前言</b>	
<b>项目 1 认识电子电路 CAD 的功能</b> .....	1
项目导读 .....	1
教学方式 .....	1
任务 1.1 电子产品的展示, 认识印制电路板 .....	1
任务 1.2 识读印制电路板的板层 .....	2
任务 1.3 如何设计电路的 PCB 图样 .....	4
任务 1.3.1 了解电子电路 CAD 设计流程 .....	4
任务 1.3.2 PCB 图样设计软件的选择 .....	5
任务 1.4 了解本课程的核心和最终目标 .....	5
小结 .....	6
习题 .....	6
<b>项目 2 初步绘制简易声光显示报警器原理图和设计 PCB 单面板</b> .....	7
项目导读 .....	7
教学方式 .....	7
任务引入 .....	7
任务目标 .....	7
任务分析与具体实施过程 .....	8
任务 2.1 新建项目工程文件 .....	9
任务 2.2 新建电路原理图文件 .....	10
任务 2.3 绘制简易声光显示报警器电路原理图 .....	11
任务 2.3.1 从库面板查看元器件 .....	11
任务 2.3.2 从库面板放置元器件, 调整元器件位置并设置元器件属性 .....	13
任务 2.3.3 电源和接地放置及其属性设置 .....	15
任务 2.3.4 导线连接 .....	16
任务 2.3.5 完成原理图的绘制 .....	17
任务 2.4 初步进行单面 PCB 的设计 .....	17
任务 2.4.1 项目中新建 PCB 文件 .....	17
任务 2.4.2 将原理图封装和网络关系装入到 PCB 中 .....	18
任务 2.4.3 手动布局元器件 .....	19
任务 2.4.4 电气边界粗略绘制 .....	20
任务 2.4.5 单面自动布线 .....	20
知识链接 原理图编辑环境 .....	22
技能链接 旋转、选取、移动、删除、复制等编辑操作 .....	24
归纳提高 SCH 和 PCB 设计常规流程 .....	28
小结 .....	29
习题 .....	30
<b>项目 3 绘制流水彩灯原理图和设计 PCB 单面板</b> .....	31
项目导读 .....	31
教学方式 .....	31
任务引入 .....	31
任务目标 .....	32
任务分析与具体实施过程 .....	32
任务 3.1 创建项目工程文件, 并在项目中创建原理图文件 .....	33
任务 3.2 绘制电路原理图 .....	33
任务 3.2.1 加载元器件库 .....	34
任务 3.2.2 Search 法查找元器件 .....	36
任务 3.2.3 取消元器件引脚方向上的箭头 .....	37
任务 3.2.4 多个同类元器件的放置与属性编辑 .....	37
任务 3.2.5 电气连接的流水彩灯电路原理图 .....	39



任务 3.3 编译检查原理图 .....	40	任务 4.4 添加原理图标注说明 .....	66
任务 3.4 生成元器件清单报表 .....	41	任务 4.5 项目编译检查 .....	67
任务 3.5 SCH 网络表的产生及阅读 .....	42	任务 4.6 将单页式电路改成层次式电路 原理图的设计与绘制 .....	67
任务 3.6 手动完成 PCB 单面布线 .....	44	任务 4.6.1 认知层次式电路设计 理念 .....	67
任务 3.6.1 在项目中新建 PCB 文件并 保存 .....	44	任务 4.6.2 自上而下绘制层次式电路 原理图 .....	68
任务 3.6.2 将原理图内容准确更新到 PCB 图 .....	44	任务 4.7 层次式原理图的 PCB 双面板 设计 .....	74
任务 3.6.3 手动布局元器件, 规划印制 电路板 .....	46	任务 4.7.1 查看更改原理图元器件 封装 .....	74
任务 3.6.4 按指定要求单面手动 布线 .....	47	任务 4.7.2 加载封装库, 更改原理图 元器件封装 .....	74
知识链接 PCB 编辑环境 .....	51	任务 4.7.3 制作数码管和按键的 封装 .....	75
技能链接 将 SCH 载入到 PCB 图时的常见 错误及其修改 .....	52	任务 4.7.4 调用自制的 PCB 元器件 封装 .....	80
归纳提高 基本完成 PCB 设计后, 怎样处理 不合适的封装与网络 .....	53	任务 4.7.5 利用全局功能修改原理图中 多个同类元器件封装 .....	81
小结 .....	55	任务 4.7.6 在项目中新建 PCB 文件 .....	83
习题 .....	55	任务 4.7.7 将元器件封装和网络载入 PCB .....	83
<b>项目 4 8 路智力竞赛抢答器电路的     绘制与双面板设计 .....</b>	<b>56</b>	任务 4.7.8 元器件布局及调整 .....	84
项目导读 .....	56	任务 4.7.9 进行 PCB 双面自动布线 .....	86
教学方式 .....	56	任务 4.7.10 手动修改布线 .....	89
任务引入 .....	56	知识链接 SCH 元器件和 PCB 元器件封装的 设计方法 .....	92
任务目标 .....	58	技能链接 SCH 更新到 PCB 时的典型错误及 原因 .....	94
任务分析与具体实施过程 .....	58	技能扩展 1 制作含有子元件的复合器件, 并添加封装 .....	94
任务 4.1 新建项目工程文件、原理图 文件 .....	58	技能扩展 2 采用自下而上的方法设计层次式 电路原理图 .....	95
任务 4.2 8 路抢答器原理图的分析与 绘制 .....	58	归纳提高 层次式电路 PCB 设计的结果 分析 .....	96
任务 4.2.1 查找元器件 .....	58	小结 .....	96
任务 4.2.2 放置单元器件 .....	59	习题 .....	96
任务 4.2.3 元器件隐藏引脚的显示 .....	60	<b>项目 5 基于 UC3842 的开关电源双面板     设计 .....</b>	<b>98</b>
任务 4.2.4 制作电阻排和数码管原理图 元器件 .....	60		
任务 4.2.5 调用自制元器件到 原理图 .....	65		
任务 4.2.6 总线、总线分支及网络标号的 连接 .....	65		
任务 4.3 元器件自动编号 .....	66		





项目导读 .....	98	SCH .....	120
教学方式 .....	98	任务 6.2 确定元器件封装, 自制封装 .....	123
任务引入 .....	98	任务 6.3 电子密码锁各模块的 PCB 单双面 板设计 .....	125
任务目标 .....	98	任务 6.3.1 布线后敷铜 .....	128
任务分析与具体实施过程 .....	99	任务 6.3.2 标注印制电路板说明性文字、 调整元器件注释大小与 位置 .....	129
任务 5.1 开关电源电路的分析 .....	99	任务 6.3.3 小信号线包地 .....	130
任务 5.2 编辑原理图 .....	99	任务 6.3.4 泪滴化焊盘 .....	130
任务 5.2.1 生成原理图专用元器件库 并在专用库中制作新的元 器件 .....	100	任务 6.4 PCB 的设计规则检查 .....	131
任务 5.2.2 库元器件修改后更新到 原理图 .....	102	任务 6.5 PCB 设计图的检查 .....	131
任务 5.3 SCH 元器件封装的确定及封装的 制作 .....	102	任务 6.6 打印输出 PCB 图 .....	132
任务 5.4 PCB 双面板设计 .....	104	任务 6.7 送厂家制作 PCB .....	133
任务 5.4.1 利用向导创建 PCB 文件 .....	104	技能链接 SCH 中元器件引脚查看及 调整 .....	135
任务 5.4.2 SCH 同步更新到 PCB 文件 .....	106	小结 .....	137
任务 5.4.3 自动布局与手动布局 .....	107	习题 .....	137
任务 5.4.4 PCB 预布线, 自动布线, 手动修改 .....	108	<b>项目 7 U 盘电路 PCB 四层板的     设计 .....</b>	139
任务 5.4.5 制作 PCB 的安装孔 .....	110	项目导读 .....	139
任务 5.5 PCB 设计规则检查 .....	111	教学方式 .....	139
任务 5.6 PCB 的 3D 效果图 .....	112	任务引入 .....	139
任务 5.7 PCB 输出文件 .....	112	任务目标 .....	139
任务 5.7.1 PCB 信息报告 .....	112	任务分析与具体实施过程 .....	140
任务 5.7.2 PCB 元器件清单 .....	113	任务 7.1 电路分析 .....	140
技能扩展 创建集成元器件库 .....	114	任务 7.2 原理图元器件和原理图的 绘制 .....	140
归纳提高 PCB 设计用到的层面 .....	115	任务 7.3 U 盘 PCB 四层板的设计 .....	140
小结 .....	117	任务 7.3.1 制作 SMD 元器件封装 .....	141
习题 .....	117	任务 7.3.2 PCB 底层元器件的布局 .....	143
<b>项目 6 电子密码锁的设计及实物     PCB 的制作 .....</b>	118	任务 7.3.3 四层板的设置 .....	144
项目导读 .....	118	任务 7.3.4 内电源层的分割 .....	145
教学方式 .....	118	任务 7.3.5 PCB 布线 .....	145
任务引入 .....	118	小结 .....	146
任务目标 .....	120	习题 .....	146
任务分析与具体实施过程 .....	120	<b>项目 8 单管放大电路仿真 .....</b>	147
任务 6.1 绘制电子密码锁各单元电路的		项目导读 .....	147
		教学方式 .....	147





任务引入 ..... 147

任务目标 ..... 147

任务分析与具体实施过程 ..... 147

任务 8.1 编辑仿真电路原理图 ..... 148

任务 8.2 电路仿真类型及参数设置 ..... 149

任务 8.3 执行仿真分析 ..... 151

技能链接 电路仿真常见错误 ..... 152

小结 ..... 152

习题 ..... 152

**电子 CAD 绘图员考证模拟** ..... 153

任务 1 抄画电路原理图 ..... 153

任务 2 制作电路原理图元器件及元器件封装 ..... 154

任务 3 单面印制电路板设计 ..... 154

技能链接 1 SCH 模板绘制与调用 ..... 155

技能链接 2 PCB 尺寸的精确定位 ..... 156

**CEAC PCB 设计师考证** ..... 157

——Protel DXP 模块 ..... 157

模拟试题 1 ..... 157

模拟试题 2 ..... 160

**附录** ..... 163

附录 A Protel DXP 2004 关键菜单命令的中英文对照 ..... 163

附录 B Protel DXP 2004 中常见典型元器件对应的封装认识 ..... 164

附录 C PCB 元器件布局、布线的原则 ..... 171

附录 D Protel DXP 2004 使用中常见问题的问答 ..... 174

**参考文献** ..... 176



# 项目1 认识电子电路 CAD 的功能

## 【项目导读】

- 根据电子产品,认识印制电路板的基本组成要素。
- 给定实际 PCB 产品,会判别印制电路板的类型是单面板、双面板,还是多层板。
- 知道为什么学习电子电路 CAD 及本课程学习的核心和最终目标。

## 【教学方式】

以学生感兴趣的电子产品作为情境,引入到电子产品支撑体——印制电路板,借助课件帮助分析印制电路板的组成,并为学生提供实际成品印制电路板,利用实物分组识别板子和板的类型,最后转入到印制电路板是如何设计的,知道为什么学习电子电路 CAD 技术课程。建议学时为 2~3 学时。

## 任务 1.1 电子产品的展示,认识印制电路板

近年来通信设备、消费电子产品和计算机及相关产品是印制电路板最大的三个应用市场。印制电路板(Printed Circuit Board,PCB)是电子产品的关键电子互连件,有“电子产品之母”之称,是电子元器件装载的基板。PCB 提供电子元器件间形成的电气连接;为元器件插装焊锡提供阻焊图形;为检验、维修提供识别字符和图形。

### 1. 印制电路板的外观

图 1-1 是经加工制作的密码锁主控制印制电路板,用来安装焊接元器件,实现元器件间电气连接。下面来观察图 1-1 所示 PCB 的外观:



图 1-1 密码锁主控制印制电路板



1) 印制电路板颜色: 整块印制电路板表面颜色是绿色(棕色)的, 是因为印制电路板表面涂有绿色的阻焊膜, 这是绝缘的防护层, 可以保护敷铜导线, 也可以防止元器件被焊到不正确的地方。

2) 标注说明: 绿色板子上有白色的标志图案和文字代号, 例如元器件编号和标称值、元器件外廓形状、厂家标志等, 这是通过丝网印刷(Silkscreen Overlay)技术(简称丝印技术)印上的, 标示出各元器件在板子上的位置, 为元器件的安装、调试作准备。

3) 敷铜导线: 点与点(孔与孔)之间的敷铜导线, 用来提供元器件间的电气连接, 以实现电路功能, 相当于搭建电路时连接元器件的导线。

4) 元器件引线孔: 用于把元器件的引脚插入孔中, 焊接后实现电气连接到印制电路板上的一种孔。孔的大小要考虑元器件引脚公差、孔加工公差、机械安装偏差以及合理的焊接间隙等因素, 一般应比拟安装的元器件引脚大  $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 。

5) 焊盘: 在印制电路板的表面用于焊接的连接盘称为焊盘。在元器件引线孔的周围设置了焊盘, 表层焊盘环宽至少为  $0.1\text{mm}$ , 以助于焊锡、连接元器件引脚和敷铜导线。焊盘是导电图形设计的重要组成部分, 对印制电路板安装和焊接的可靠性影响非常敏感。

众所周知, 实现电路的功能离不开元器件和导线; 对应于 PCB 的是元器件封装和敷铜导线。敷铜导线提供元器件间的电气连接; 元器件封装是由元器件图形轮廓和焊盘组成, 封装大小要保证元器件实物能够摆放和引脚能够安装且符合工艺加工要求。

## 2. 印制电路板的制作

下面, 来简单了解这块成品印制电路板是怎么制成的?

1) 通过腐蚀工艺, 把预先设计好的 PCB 版图转印到通用基板(裸板)上, 按电路预定的 PCB 版图腐蚀掉多余的铜箔, 保留下来的铜箔就变成裸露的铜箔导线和焊盘导电图形。

2) 为了实现元器件的安装, 按照 PCB 设计文件提供的钻孔技术文档, 利用数控机床在印制电路板上钻孔, 然后进行孔金属化加工, 完成镀覆孔。

3) 在焊盘上镀上一层助焊剂锡膏(松香和焊锡), 这既能隔离焊盘导电图形, 使其不被氧化, 又助焊(Paste Mask)。

4) 为了在焊接过程中避免和附近其他导线短接, 印制电路板上涂上一层绿色的阻焊漆。

5) 为了便于元器件装配和维修, 在印制电路板上通过丝印技术印上元器件编号和其他的标注。

PCB 制造工艺比较复杂, 经过 1)、2) 两步操作, 初步简易完成制作印制电路板。为了更好地在印制电路板上装配元器件和提高可靠性, 进行涂助焊剂、涂防焊剂、印标记, 最后制作完成 PCB 成品。

使用 PCB 的电子产品具有可靠性高、一致性和稳定性好, 抗振动和抗冲击性强, 设备的体积小、重量轻, 便于维修等优点。

## 任务 1.2 识读印制电路板的板层

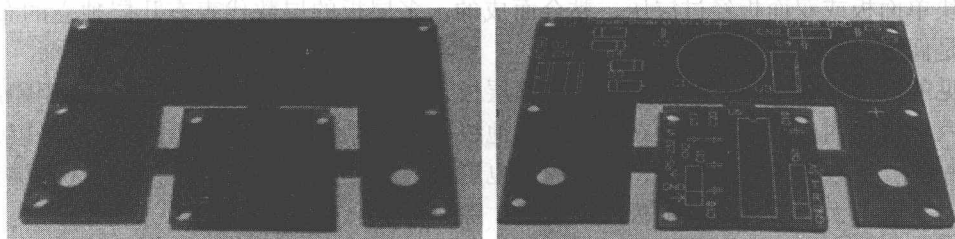
为进一步认识印制电路板(PCB), 有必要了解 PCB 的板层。PCB 的“层”不是虚拟的, 而是印制电路板材料本身实实在在的各铜箔层面。根据元器件导电层面的多少, 印制电路板



可分为单面板、双面板和多面板。

### 1. 单面板 (Single Layer PCB)

单面板所用的绝缘基板只有一面是敷铜的, 用来制作铜箔导线和焊接元器件, 称为焊接面, 如图 1-2a 所示; 而另一面只印上没有电气特性的图形轮廓、元器件型号和参数, 称为元器件面, 如图 1-2b 所示。元器件图形符号集中在印制电路板的一面, 敷铜导线集中在印制电路板的另一面。



a) 焊锡面

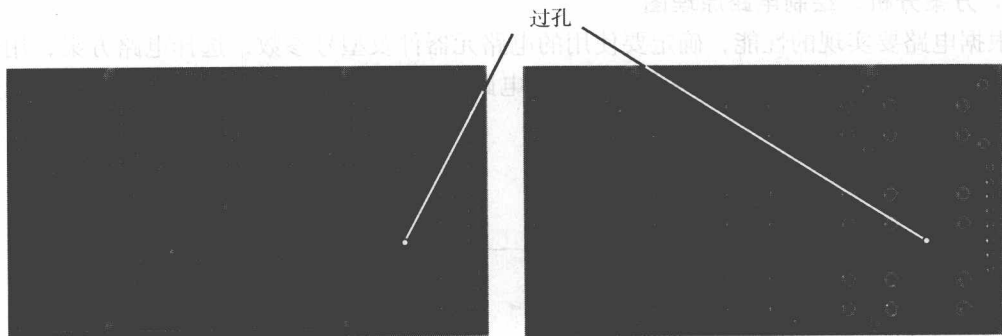
b) 元器件面

图 1-2 密码锁电源和远程控制 PCB 单面板成品

单面板只能在一面布线, 而同一层面元器件引脚之间的连接导线是不能交叉的, 如果板的面积可以任意大, 那很容易避开线路交叉的问题, 但在电路功能复杂和电路板面积受限的情况下, 布线较难实现。

### 2. 双面板 (Double Layers PCB)

为突破元器件连线和印制电路板面积的瓶颈, 采用上下两面均有铜箔和中间有绝缘隔热的基板, 上下两面均可制作铜箔导线, 上下面分别称为顶层和底层。顶层(元器件面)除了印有元器件型号和参数外, 还有铜箔导线, 如图 1-3a 所示; 底层(焊接面)和单面板的作用一样, 用来布线和焊接元器件, 如图 1-3b 所示。



a) 顶层(Top Layer)

b) 底层(Bottom Layer)

图 1-3 密码锁键盘 PCB 双面板成品

双面板两面间的导线可以从一面交错绕到另一面, 通过过孔连接, 如图 1-3 所示, 过孔是指打穿了整个基板的孔, 能有效地解决同一层面导线不能交叉的问题, 但设计 PCB 线路时应尽量少用过孔。双面板两面都可布线, 相当于布线面积比单面板大了一倍, 而且布线可以互相交错(可以绕到另一面), 极大地提高了印制电路板的元器件密



度和布线密度。

### 3. 多层板 (Multi Layers PCB)

随着微电子技术的发展, 电路的复杂程度大幅提高, 对 PCB 的电气性能也提出了更高的要求, 若采用单面板或双面板, 印制电路板体积会很大, 布线难度增大, 线路间的电磁干扰也不好处理, 但若采用多层板的设计则可以解决上述问题。多层板元器件装配密度高, 体积小; 电子元器件之间的连线缩短, 信号传输速度提高; 方便布线。多层板实际上是由蚀刻好的几块单面板或双面板经过层压、黏合而成的。多层板的层数代表有几层独立的布线层, 通常都是偶数。

常见的计算机板卡通常采用四层板或六层板, 不过现在已有超过 100 层的实用印制电路板了。六层板与四层板的区别是在中间, 即地线层和电源层之间多了两个内部信号层, 比四层板厚一些。层数越多成本越高, 加工周期也更长, 质量检测比较麻烦。多层板各层都紧密地结合, 一般不太容易看出实际板层的数目, 除非板卡上有相应的标记。

## 任务 1.3 如何设计电路的 PCB 图样

PCB 是在绝缘基板上, 按预定设计完成元器件的组装及形成电气连接的印制电路板。“预定设计”是指在 PCB 加工制作前已经设计好的具有电气特性的电路 PCB 版图, 那电路 PCB 版图究竟是怎样设计的呢?

目前, 在装有 Windows XP 系统的计算机中, 利用计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 软件, 如 Protel、PowerPcb、Candence Allegro, Altium Designer 等, 来完成电子电路 PCB 版图的设计。

### 任务 1.3.1 了解电子电路 CAD 设计流程

#### 1. 方案分析, 绘制电路原理图

根据电路要实现的性能, 确定要使用的电路元器件及型号参数, 选择电路方案, 用电子 CAD 软件绘制电路原理图, 电路原理图反映电路中各元器件的电气连接关系, 重在表达电路的结构和功能, 如图 1-4 所示。

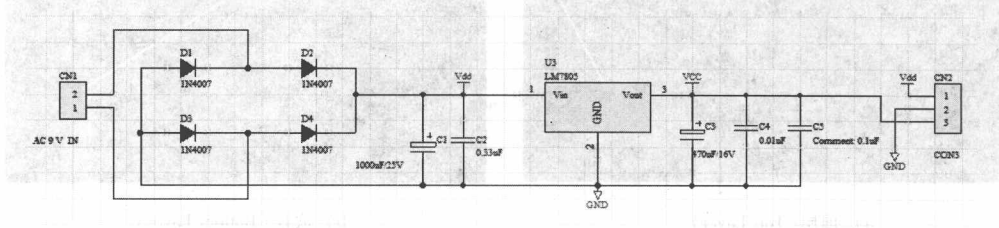


图 1-4 密码锁电源电路原理图

#### 2. 电路仿真

若对所设计的电路不十分确定, 可通过仿真来验证, Protel 提供的元器件仿真模型不够多, 很少用它来做电路仿真, 通常选用 Multisim 软件或 ORCAD 软件进行电路仿真验证。根据仿真结果, 修改电路设计和元器件参数, 直至测得最佳性能参数。



### 3. PCB 设计

PCB 的设计是以电路原理图为根据, 实现电路设计者所需要的功能。PCB 设计主要指版图设计, 需要考虑外部连接的布局、内部电子元器件的优化布局和布线等各种因素。优秀的版图设计可以节约生产成本, 达到良好的电路性能和散热性能。

设计规划印制电路板, 确定印制电路板的种类, 进行印制电路板上元器件的布局和布线, 如图 1-5 所示为绘制完成的密码锁电源单面板, 进行敷铜以提高抗干扰能力。PCB 重在

实际元器件的物理连接和装配焊接。

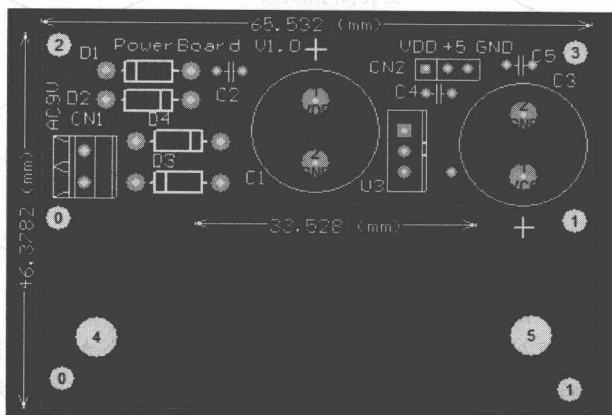


图 1-5 密码锁电源单面板设计

### 4. PCB 制作

将设计好的 PCB 送往印制电路板厂家制作, 或者利用业余的“热转印和腐蚀工艺”自行制作单双面 PCB。再在制作好的印制电路板上连接元器件、焊接、调试, 完成电子产品的制作。

#### 任务 1.3.2 PCB 图样设计软件的选择

鉴于 Protel 软件进入中国电子企业较早, 目前中小型企业普遍使用 Protel, 且随着版本设计的人性化, 目前许多企业纷纷开始使用 Protel DXP “项目级”的设计系统, 功能模块包括电路原理图设计、印制电路板设计、无栅格布线器、PLD 器件设计、电路图仿真等等。

Protel DXP 继承了 Protel 系列产品的优点, 引入了项目管理概念; 用集成元器件代替分立元器件库, 使 SCH 设计和 PCB 设计之间的转换更加方便、简洁; 并且支持多通道技术, 提高模块电路设计效率。

#### 任务 1.4 了解本课程的核心和最终目标

本项目教程中用 Protel DXP 2004 软件进行电子产品的印制电路板设计, 其各大编辑器及其之间的关系如图 1-6 所示, 主要围绕三大模块: 电路原理图(SCH)设计模块, 电路仿真模块, 印制电路板(PCB)设计模块, 把印制电路板设计作为核心和最终目标。其中, 由于 Protel 提供的元器件仿真模型不够多, 所以仿真模块只稍稍作了一些介绍, 重点在原理图和



PCB 设计模块。

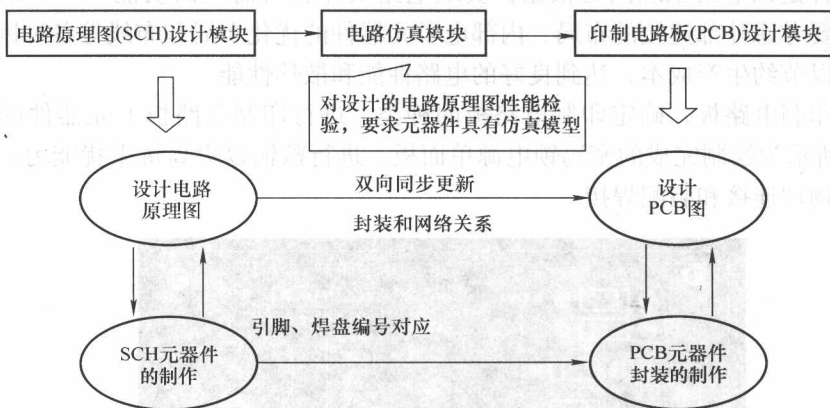


图 1-6 用 Protel DXP 2004 软件进行电路板设计的各大编辑器及其之间关系

**注意：**这里是在设计一张实实在在的可以焊接、装配的印制电路板，不是在计算机上随便画画，一定要从实际元器件出发，根据电气性能要求，结合加工工艺，以严谨的工作态度，严格按照 PCB 设计的流程进行操作，以排除 PCB 制板不必要的损失。

## 小 结

从“电子产品之母”——印制电路板(PCB)实体展示开始，使得读者认识 PCB 的对象：敷铜导线、封装、焊盘、板层等；明白什么是 PCB，及给定实际产品的印制电路板，会判断单面板、双面板及多面板；了解如何借助电子电路 CAD 软件设计电路 PCB 版图，知道为什么学习电子电路 CAD 技术课程，为后面项目的 PCB 设计做好应有的感知准备。

## 习 题

- 1) 图 1-1 所示的密码锁主控制电路样板可以判定不是单面板吗？为什么？
- 2) 印制电路板的主要功能是什么？
- 3) 印制电路板的组成要素主要包括哪些？





## 项目2 初步绘制简易声光显示报警器 原理图和设计 PCB 单面板

### 【项目导读】

通过项目1的学习，基本明确了本课程学习的意义和作用。学会设计符合实际电气性能需要的原理图和PCB版图，为生产制作实际电子产品作好充分准备。从本项目开始，将逐步学习如何进行具体的原理图绘制和印制板设计。

本项目在默认编辑界面下，从内置默认库中找出元器件，绘制简单电路原理图，再对其进行印制电路板的设计。主要使得初学者快速体会原理图绘制和印制电路板图设计的流程。需达到的核心技能和关键知识如下：

#### 1) 技能目标

- ◆ 会创建和管理项目文件、原理图和PCB设计文件。
- ◆ 初步会在SCH界面下，利用库面板管理器放置元器件，会设置元器件属性，会调整元器件位置和方向。

- ◆ 会用Wire导线连接原理图元器件。

- ◆ 初步会从原理图编辑界面将原理图元器件封装和网络关系装入到PCB文件。

- ◆ 会手动布局PCB元器件。

- ◆ 会设计PCB单面板，会自动布线。

#### 2) 知识目标

- ◆ 掌握项目文件、原理图文件、PCB文件的管理方法。

- ◆ 认知元器件库管理器面板，熟悉杂项库中的典型库元器件名。

- ◆ 掌握元器件的放置、位置调整、属性设置、选取和删除等操作方法。

- ◆ 初步掌握原理图、PCB图的设计流程。

### 【教学方式】

采用项目引领，任务驱动，并将任务完成结果直观展示给学生，以增强学生的目标性、可对比性和参考性，以“教学做”一体化来完成任务。建议学时为8学时。

### 【任务引入】

图2-1所示为简易声光显示报警器电路，可用做门铃、水位检测、婴儿尿湿报警、汽车超载测量等，使用时将开关的两个端点置于要检测的部位，当开关的两个端点连通时，发光二极管点亮，蜂鸣器将发出声音，进行报警。

### 【任务目标】

1) 绘制图2-1所示电路原理图，保证电气连线正确。

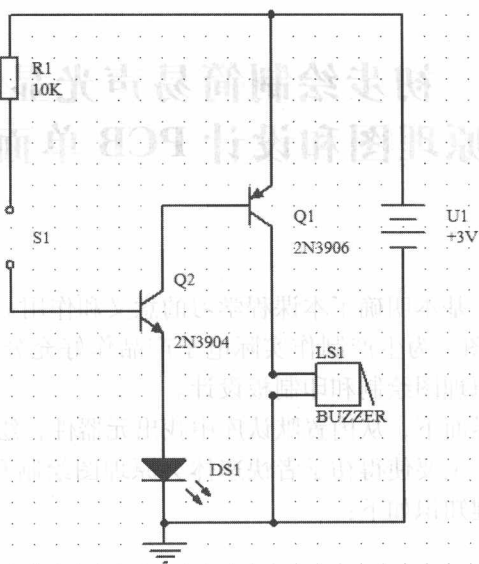


图 2-1 简易声光显示报警器电路原理图

2) 初步设计完成 PCB 单面板布线, 如图 2-2 所示。

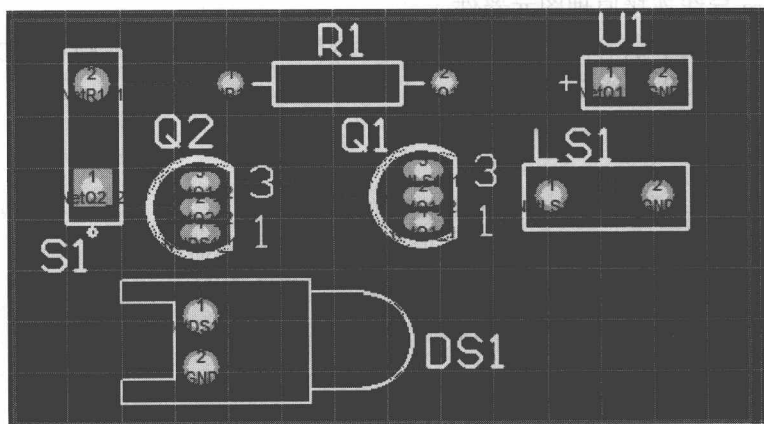


图 2-2 简易声光显示报警器电路 PCB 单面板

### 【任务分析与具体实施过程】

如图 2-1 所示, 电路原理图 (简称电路图) 是由电气元器件符号和它们之间的导线连接而成。电路图重在表达电路的结构、功能。

如图 2-2 所示, PCB 图是由元器件符号和导线连接而成。通过“封装焊盘”和导线来实现电路图的具体功能。PCB 图用来描绘实际 PCB 的走线、元器件位置等。

本电路的元器件属于分立元器件, 表 2-1 列出了本图中部分元器件实体、原理图元器件符号、PCB 元器件符号 (封装)。