



全国高等职业教育“十二五”规划教材  
教育部高职高专电子信息类专业教指委推荐教材  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

国家精品课  
配套教材

# 电子产品印制电路板 设计与制作

◎ 范志庆 主编

- 印制电路板基础与课程定位
- 印制电路板的设计环境与操作方法
- Protel软件使用与印制电路板设计流程
- 印制电路板布局工作规范
- 印制电路板方案分析
- 印制电路板原理图符号准备
- 印制电路板原理图绘制
- 印制电路板元器件封装准备
- 印制电路板设计
- 印制电路板文档整理与输出

- ◆ 按照电子行业印制电路板设计及生产企业的工作流程与工艺规范设置课程内容
- ◆ 重点突出单面插针印制电路板、双面插针印制电路板、双面贴片印制电路板的设计与制作方法
- ◆ 每个设计案例配备详细的元器件图片、封装尺寸和印制电路板图片等，直观真实，可操作性强
- ◆ 配有免费的电子教学课件、习题参考答案、完整设计文档、图片素材及精品课网站，详见前言



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材  
教育部高职高专电子信息类专业教指委推荐教材  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

国家精品课  
配套教材

# 电子产品印制电路板设计与制作

范志庆 主 编  
李晶骅 钟 勇 严 航 刘竹林 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 提 要

本书按照教育部最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范专业建设项目成果,在与企业长期合作的基础上进行编写。全书按照电子行业印制电路板设计与生产企业的工作流程及工艺规范,通过大量的元器件图片和详尽的设计资料,真实而系统地介绍单面插针印制电路板、双面插针印制电路板、双面贴片印制电路板的设计,内容涵盖热转印法、雕刻法、小型工业湿膜法及小型工业干膜法等印制电路板制作方法。本书以单片机学习仪的电源电路、小系统电路、简化板电路及完整板电路为主线来设置教学项目,采用 Protel DXP 2004 软件进行设计,内容由浅入深,新颖实用,易于教学,同时安排有综合训练任务。

本书为高职高专院校相关专业电子 CAD 设计或印制电路板设计课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校、培训班的教材,以及电子工程技术人员的参考书。

本书配有电子教学课件、习题参考答案、完整设计文档、图片素材及精品课网站,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品印制电路板设计与制作/范志庆主编. —北京:电子工业出版社,2013.1  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列  
ISBN 978-7-121-19425-2

I. ①电… II. ①范… III. ①印刷电路板(材料)-设计-高等职业教育-教材  
②印刷电路板(材料)-制作-高等职业教育-教材 IV. ①TM215

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 007368 号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:郝黎明 文字编辑:王艳萍

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:24.25 字数:620.8 千字

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价:42.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



# 前 言



印制电路板是绝大部分电子装置的核心部件，为电子元器件提供支撑和电气连接，已有一百多年的发展历史。近年来，随着我国经济的快速发展，我国已成为世界主要的印制电路板设计与制造地，印制电路板产业的技能型人才需求不断增加。为了促进印制电路板产业的健康发展和技术升级，进一步提高电子行业的产品质量，高职院校要培养出更多的符合行业需求的技能型人才。

本书按照教育部最新的职业教育教学改革要求，结合国家示范专业建设项目成果，在与企业长期合作的基础上进行编写，重点培养学生熟练运用计算机辅助设计软件完成电子电路与印制电路板图的设计与制作的能力。传统的电子 CAD 设计教材以基本命令和操作方法为出发点，按照电路原理图绘制、原理图符号绘制、印制电路板设计及封装模型绘制的顺序逐一讲解各类编辑器中的命令和操作方法，即使学会了软件设计方法，但如果不懂印制电路板的设计流程和工艺规范，也不会设计真实的印制电路板。

本书按照电子行业印制电路板设计与生产企业的工作流程及工艺规范，通过大量的元器件图片和详尽的设计资料，真实而系统地介绍单面插针印制电路板、双面插针印制电路板、双面贴片印制电路板的设计，内容涵盖热转印法、雕刻法、小型工业湿膜法及小型工业干膜法等印制电路板的制作方法。本书注重理论教学与实践教学相融合，结合印制电路板的不同应用需求，以单片机学习仪的电源电路、小系统电路、简化板电路及完整板电路为主线来设置教学项目，通过典型的设计制作案例来介绍操作技能。

本书采用使用较广泛的 Protel DXP 2004 软件，结合工艺规范介绍项目任务的设计制作过程，内容由浅入深，新颖实用，易于教学，同时安排有综合训练任务。本书具有以下特点。

(1) 由项目导入，以任务驱动。将软件操作巧妙融入项目设计过程中，以完成印制电路板设计任务为目标。

(2) 以工作过程安排教学内容。把学的过程与做的过程有机整合，完全按照行业印

制电路板设计制作流程安排教学内容。

(3) 以专业印制电路板设计生产企业的工艺规范指导设计过程，使学生在设计的一开始就建立工艺规范概念，提高印制电路板设计的成功率，为将来更好地适应岗位工作打下良好的基础。

(4) 图文并茂，资料翔实。无论是设计项目还是综合训练任务都提供了全部元器件和印制电路板的资料及照片，以及电路原理图、印制电路板设计过程中的库资料等。

本书由范志庆主编并统稿，钟勇、李晶骅、严航、刘竹林、罗英军参与内容规划、项目设计与综合训练资料收集、图纸处理和文字校对等工作。同时，本书的编写得到了有关职教专家及企业专家的大力支持，在此一并表示深深的感谢。

由于时间和编者水平有限，书中错漏在所难免，热忱欢迎读者对本书提出批评与建议。

本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案、完整设计文档、图片素材，请有需要的教师登录华信教育资源网（[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)）免费注册后进行下载，如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系（E-mail: [hxedu@phei.com.cn](mailto:hxedu@phei.com.cn)）。读者也可通过与该教材有关的精品课网站（<http://www.syzy.com.cn/jwc/jpkc/dzx/>）浏览和参考更多的教学资源。

编者



# 目 录



第 1 章 印制电路板基础与课程定位 .....	1
教学导航 .....	1
1.1 印制电路板的分类与构成 .....	2
1.2 印制电路板的设计过程 .....	4
1.3 印制电路板的制造过程 .....	5
1.4 课程定位与要求 .....	5
知识梳理与总结 .....	6
第 2 章 印制电路板的设计环境与方法 .....	7
教学导航 .....	7
2.1 Protel 2004 的主窗口设计环境 .....	8
2.1.1 标题栏与工具栏 .....	9
2.1.2 主菜单 .....	10
2.1.3 面板标签按钮 .....	13
2.1.4 工作区面板与面板标签 .....	13
2.1.5 工作区 .....	18
2.2 Protel 2004 的文档组织结构及其操作 .....	19
2.2.1 Protel 2004 的文档组织结构 .....	19
2.2.2 工程文档的新建与管理 .....	20
2.2.3 设计文件的新建 .....	23
2.2.4 设计文件的管理 .....	32
2.3 印制电路板设计制作流程 .....	36
2.4 原理图符号与元件封装 .....	38
2.4.1 Protel 2004 的原理图符号 .....	38
2.4.2 Protel 2004 的元件封装 .....	39
知识梳理与总结 .....	42
第 3 章 简单单面印制电路板设计及其热转印法制作 .....	43
教学导航 .....	43
3.1 项目任务书 .....	44
3.2 印制电路板布局工作规范 .....	47

3.3	单片机学习仪电源电路板方案分析	50
3.4	单片机学习仪电源电路板原理图符号准备	50
3.4.1	新建 PCB 工程文档和原理图文件	50
3.4.2	原理图符号准备	51
3.5	单片机学习仪电源电路板原理图绘制	55
3.5.1	设置原理图选项	55
3.5.2	放置元器件	60
3.5.3	元器件布局	63
3.5.4	原理图布线	68
3.5.5	检查、校对、修饰及线路再调整	72
3.5.6	文档保存及输出	76
3.6	单片机学习仪电源电路板元器件封装准备	79
3.7	单片机学习仪电源电路印制电路板设计	84
3.7.1	印制电路板规划	84
3.7.2	导入原理图	93
3.7.3	设计规则设置	97
3.7.4	元器件布局	101
3.7.5	手工布线	106
3.7.6	PCB 验证与特殊处理	110
3.8	单片机学习仪电源电路板文档整理与输出	112
3.8.1	电源电路板文档整理	112
3.8.2	电源电路板文档输出	118
3.9	单片机学习仪电源电路板的热转印法制作	122
	<b>综合训练 1 直流电源印制电路板设计与制作</b>	124
	知识梳理与总结	127
<b>第 4 章</b>	<b>复杂单面印制电路板设计及其雕刻法制作</b>	<b>128</b>
	教学导航	128
4.1	项目任务书	129
4.2	布线约束条件设置工作规范	135
4.3	单片机学习仪小系统电路板方案分析	137
4.4	单片机学习仪小系统电路板原理图符号准备	137
4.4.1	新建 PCB 工程文档和原理图文件	137
4.4.2	原理图符号准备	138
4.5	单片机学习仪小系统电路板原理图绘制	141
4.5.1	设置原理图选项	141
4.5.2	放置元器件	141
4.5.3	元器件布局	147
4.5.4	原理图布线	150

4.5.5	检查、校对、修饰及线路再调整 .....	160
4.5.6	文档保存及输出 .....	168
4.6	单片机学习仪小系统电路板元器件封装准备 .....	171
4.7	单片机学习仪小系统印制电路板设计 .....	174
4.7.1	印制电路板规划 .....	174
4.7.2	导入原理图 .....	184
4.7.3	设计规则设置 .....	185
4.7.4	元器件布局 .....	193
4.7.5	布线 .....	197
4.7.6	PCB 验证与特殊处理 .....	203
4.8	单片机学习仪小系统电路板文档整理与输出 .....	208
4.9	单片机学习仪小系统电路板的雕刻法制作 .....	211
	<b>综合训练 2 声光控路灯开关印制电路板设计与制作</b> .....	<b>215</b>
	知识梳理与总结 .....	221
<b>第 5 章</b>	<b>一般规模双面印制电路板设计及其小型工业湿膜法制作</b> .....	<b>222</b>
	教学导航 .....	222
5.1	项目任务书 .....	223
5.2	元器件封装及布线工作规范 .....	229
5.2.1	新建或修改元器件封装工作规范 .....	229
5.2.2	布线工作规范 .....	230
5.3	单片机学习仪简化板方案分析 .....	232
5.4	单片机学习仪简化板原理图符号准备 .....	233
5.4.1	新建 PCB 工程文档和原理图文件 .....	233
5.4.2	原理图符号准备 .....	234
5.5	单片机学习仪简化板原理图绘制 .....	257
5.5.1	设置原理图选项 .....	257
5.5.2	放置元器件 .....	258
5.5.3	元器件布局 .....	259
5.5.4	原理图布线 .....	261
5.5.5	检查、校对、修饰及线路再调整 .....	264
5.5.6	文档保存及输出 .....	269
5.6	单片机学习仪简化板元器件封装准备 .....	270
5.6.1	PCB 库编辑器认识 .....	270
5.6.2	封装模型绘制 .....	273
5.6.3	单片机学习仪简化板项目封装准备 .....	283
5.7	单片机学习仪简化板印制电路板设计 .....	286
5.7.1	印制电路板规划 .....	286
5.7.2	导入原理图 .....	288



5.7.3	设计规则设置	289
5.7.4	元器件布局	290
5.7.5	布线	293
5.7.6	PCB 验证与特殊处理	297
5.8	单片机学习仪简化板文档整理与输出	299
5.9	单片机学习仪简化板的小型工业湿膜法制作	302
5.9.1	底片输出	302
5.9.2	金属化过孔	306
5.9.3	图形转移	308
5.9.4	阻焊制作	311
5.9.5	字符制作	312
5.9.6	成膜与切边	313
综合训练 3	八路抢答器电路印制电路板设计与制作	314
	知识梳理与总结	321
<b>第 6 章</b>	<b>复杂双面印制电路板设计及其小型工业干膜法制作</b>	<b>322</b>
教学导航		322
6.1	项目任务书	323
6.2	丝印及项目自检工作规范	331
6.2.1	丝印规范	331
6.2.2	项目自检规范	332
6.3	单片机学习仪完整板方案分析	332
6.4	单片机学习仪完整板原理图符号准备	333
6.4.1	新建 PCB 工程文档和原理图文件	333
6.4.2	原理图符号准备	334
6.5	单片机学习仪完整板电路原理图绘制	336
6.5.1	设置电路原理图选项及绘制总图	336
6.5.2	放置子图元器件及子图布局	341
6.5.3	子图原理图布线	344
6.5.4	检查、校对、修饰及线路再调整	344
6.5.5	文档保存及输出	349
6.6	单片机学习仪完整板元器件封装准备	349
6.6.1	特殊元器件的封装模型绘制	349
6.6.2	单片机学习仪完整板封装准备	351
6.7	单片机学习仪完整板印制电路板设计	353
6.7.1	印制电路板规划	353
6.7.2	导入原理图	355
6.7.3	设计规则设置	355
6.7.4	元器件布局	356

6.7.5	布线	358
6.7.6	PCB 验证与特殊处理	361
6.8	单片机学习仪完整板文档整理与输出	362
6.8.1	生成项目文件层次报表	362
6.8.2	生成用于生产制造的文档	362
6.9	单片机学习仪完整板的小型工业干膜法制作	363
6.9.1	底片输出	363
6.9.2	金属化过孔	364
6.9.3	图形转移	365
6.9.4	阻焊制作	367
6.9.5	字符制作	367
6.9.6	成膜与切边	368
<b>综合训练 4 太阳能热水器水位温度显示电路印制电路板设计与制作</b>		<b>368</b>
知识梳理与总结		376

# 第1章

# 印制电路板基础与 课程定位

## 教学导航

教	知识重点	印制电路板的分类与构成、制造过程
	知识难点	印制电路板的设计过程
	推荐教学方法	参照教材，演示实物
	建议学时	2
学	推荐学习方法	参照教材介绍，参观实物
	必须掌握的理论知识	印制电路板的设计过程、制造过程、分类与构成
	必须掌握的技能	印制电路板的实物认识



印制电路板，简称印制板，英文简称 PCB（Printed Circuit Board）或 PWB（Printed Wiring Board），是以绝缘板为基材，将其切成一定尺寸，按预定设计形成点间连接及印制组件，并布有孔（如元件孔、紧固孔、金属化孔等），以实现电子元器件之间的相互连接。其主要功能是使各种电子元器件形成预定电路的连接，起中继传输的作用，是电子产品的关键电子互连件。印制电路板的制造品质，不但直接影响电子产品的可靠性，而且影响系统产品整体竞争力，因此印制电路板被称为“电子系统产品之母”。

印制电路板的发明者是奥地利人保罗·爱斯勒（Paul Eisler），他于 1936 年在一个收音机装置内使用了印制电路板。1943 年，美国人将该技术大量应用于军用收音机中。1948 年，美国正式认可这个发明用于商业用途。自 20 世纪 50 年代中期起，印制电路板技术开始被广泛采用。如今，印制电路板在电子工业中已经占据了绝对统治地位，其产业发展水平可在一定程度上反映一个国家或地区电子产业的发展速度与技术水准。

### 1.1 印制电路板的分类与构成

印制电路板的产业链为：原材料（玻纤布、铜箔）→覆铜板→印制电路板→电子产品应用。

#### 1. 印制电路板的分类

覆铜板（简称 CCL），是用绝缘基材浸以环氧树脂，经烘干处理后，制成半固化状态的黏结片，再在单面、双面或多层板面敷上铜箔，经特殊的热压工艺制成的，是制造印制电路板的直接原材料。覆铜板按绝缘基材不同，可划分为纸基、玻璃纤维布基、复合基（CEM 系列）、积层多层板基和特殊材料基（陶瓷、金属芯等）五大类。按绝缘基材的刚性可分为刚性基板材料和柔性基板材料，分别制成刚性印制电路板和柔性印制电路板，柔性板主要用于和其他电路板的连接及需要弯折的场合。

印制电路板根据电路导电铜箔的层数可分为单面板、双面板和多层板。常见的多层板一般为 4 层或 6 层，复杂的多层板可达十几层。

(1) 单面板（Single - Sided Boards）的元器件集中在在一面，导线集中在另一面。因为导线只出现在其中一面，所以就称这种印制电路板为单面板。单面板在设计线路上有许多严格的限制（因为只有一面，布线间不能交叉而必须绕独立的路径），所以只适合简单电路或成本较低的电路。

(2) 双面板（Double - Sided Boards）的两面都有布线，要用上两面的导线，必须要在两面电路间有适当的电路连接，这种电路间的“桥梁”称做导孔（Via）。导孔经过金属化处理，可以将双面板的两面导线连通。因为双面板的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），更适合用在比单面板更复杂的电路上，但成本及工艺比单面板更高。

(3) 为了增加可以布线的面积，多层板（Multi - Layer Boards）用上了更多单面或双面的布线板。多层板使用数片双面板，并在每层板间放进一层绝缘层后黏牢、压合。板子的层数就代表了独立布线层的层数，通常层数都是偶数，并且包含最外侧的两层。大部分的主机板都是 4 ~ 8 层的结构，不过技术上可以做到近百层。多层板的层间电路连接依然需要通过导孔，在双面板中，导孔都是通孔（穿过印制电路板上所有的层），而在多层板当中，



除了通孔，还有盲孔（Blind Vias）和埋孔（Buried Vias），它们只穿透其中几层。盲孔有一边在板子的表面，然后通到板子的内部，用于表层线路和内层线路的连接。埋孔是指在印制电路板内层的导孔，从表层或底层是看不到的，用于内层信号互连。

在多层印制电路板中，内部层的整层一般都直接连接地线或电源，所以通常将多层印制电路板的各层分为信号层（Signal）、电源层（Power）或地线层（Ground）。如果 PCB 上的零件需要不同的电源供应，通常这类 PCB 板会有两层以上的电源层与地线层。

### 2. 印制电路板的构成

如图 1-1、图 1-2 所示为一个单面印制电路板的顶层和底层，板子本身的基板是由绝缘隔热、不易弯曲的材质制成的。从图 1-2 表面中可以看到细小线路材料是铜箔，原本铜箔是覆盖在整个板子上的，在制造过程中一部分被蚀刻处理掉，留下来的部分就变成网状的细小线路，这些线路称做导线（Conductor Pattern）或布线，用来提供 PCB 上零件的电路连接。

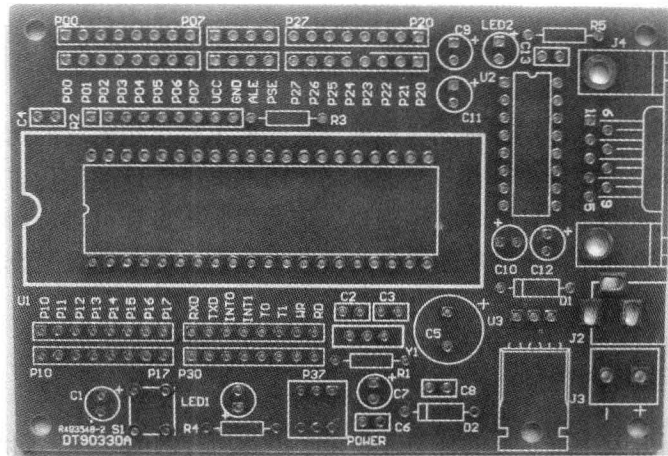


图 1-1 单面印制电路板的顶层

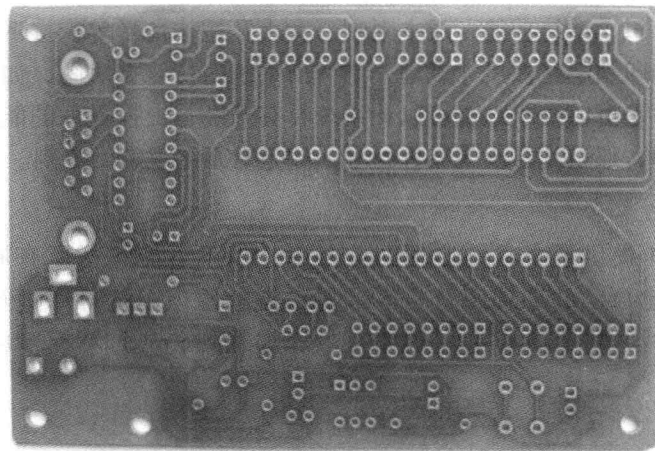


图 1-2 单面印制电路板的底层





为了将零件固定在 PCB 上，一般将它们的接脚直接焊在布线上。在这样的单面板（最基本的 PCB）上，零件都集中在顶层，导线则集中在底层，这些有规则的焊点称为焊盘（Pad）。这么一来就需要在板子上打洞，引脚才能穿过板子到另一面，所以零件的引脚是焊在底层上的。因此，PCB 的正、反面分别被称为零件面（Component Side）与焊接面（Solder Side）。

单面印制电路板的顶层和底层大部分的表面有一层耐波峰焊的阻焊层（Solder Mask），阻焊层多为绿色，也有少数采用黄色、黑色、蓝色等。在 PCB 行业常把阻焊油称为绿油，其作用是防止波峰焊时产生“桥接”现象，提高焊接质量和节约焊料等。它是印制电路板的永久性保护层，起到防潮、防腐蚀、防霉和防机械擦伤等作用。

在阻焊层上印刷有一层丝网印刷层（Silk Screen），丝网印刷层一般和零件面在一起（见图 1-1），通常在这一层会印上文字与符号（大多是白色的），以标示出各零件在板子上的位置。

## 1.2 印制电路板的设计过程

印制电路板的设计是以电路原理图为根据，来实现电路应用需要的功能。印制电路板的设计主要指版图设计，需要考虑外部连接的布局、内部电子元件的优化布局、金属连线和通孔的优化布局、电磁保护、热耗散等各种因素。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。简单的版图设计可以手工实现，复杂的版图设计需要借助计算机辅助设计软件（CAD）实现。

印制电路板的设计流程可分为以下几步。

### 1) 方案分析

方案分析是项目开发中最重要的一环，决定了电路原理图的设计，同时也影响到 PCB 的规划和设计。通常电子产品的开发有明确的分工，方案设计工程师完成方案设计、结构工程师完成产品结构图设计之后，PCB 的设计就交给了 PCB 工程师。PCB 工程师首先要分析电子设备的各项系统规格，包含系统功能、成本限制、大小及运作情形等。接下来要根据结构工程师提供的结构设计和印制电路板尺寸规划，制作出系统的功能方块图，如果将系统分割为几个 PCB，不仅在尺寸上可以缩小，也可以让系统具有升级与交换零件的能力。在设计过程中如果出现过大的 PCB，那么就要改变零件封装，或是对系统重新做分割。

### 2) 原理图符号准备

Protel DXP 2004 提供了丰富的原理图符号库，但不可能包括所有原理图符号，必要时需手动设计，创建自己的原理图符号库或对已有的原理图符号库进行修改。找到所有需要的原理图符号后，将其所在的原理图符号库加载到 Protel DXP 2004 中就可以开始原理图绘制。

### 3) 原理图绘制

根据电路复杂程度决定是否需要使用层次原理图。完成原理图后，用 ERC（电气规则检查）工具查错，找到出错原因并修改原理图电路，直到没有原则性错误为止。



#### 4) 元器件封装准备

和原理图符号库一样, Protel DXP 2004 也不可能提供所有元器件的封装。必要时需自行设计并建立新的元器件封装库。

#### 5) 印制电路板设计

首先绘出 PCB 的轮廓, 确定工艺要求; 然后将原理图导入到 PCB 中来, 在网络表(声明元器件及其电气连接关系的文件)、设计规则和原理图的引导下布局 and 布线; 再使用设计规则检查工具查错。

#### 6) 文档整理与输出

目前, 设计 PCB 的工具软件有许多种, 而 PCB 制造厂商必须通过符合标准的电子文档(如最常用的 Gerber 文件), 才能制造出 PCB。Gerber 文件包括信号、电源及地线层的平面图, 阻焊层与网板印刷层的平面图, 以及钻孔图层等指定文档。完成 PCB 设计之后, 需要整理导出制造所用的电子文档。同时, 对设计过程中的原理图、PCB 图及器件清单等文件予以整理, 以便以后维护、修改。

## 1.3 印制电路板的制造过程

PCB 的制造过程较为复杂, 涉及的工艺范围较广, 从简单的机械加工到复杂的机械加工, 有化学反应(包括光化学、电化学及热化学等工艺), 以及计算机辅助设计 CAM 等多方面的知识。下面通过单面、双面印制电路板的制造工艺, 简要介绍印制电路板的制造过程。

(1) 单面刚性印制电路板: 单面覆铜板→下料→刷洗、干燥→钻孔或冲孔→覆膜(干膜或湿膜)→线路抗蚀刻图形丝网印刷、固化→曝光、显影→检验、修板→蚀刻铜→去抗蚀刻印料、干燥→刷洗、干燥→丝网印刷阻焊图形(常用绿油)、UV 固化(紫外线固化绿油)→丝网印刷字符标记图形、UV 固化→预热、冲孔及外形整理→电气开、短路测试→刷洗、干燥→预涂助焊防氧化剂或喷锡热风整平→检验包装→成品出厂。

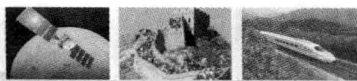
(2) 双面刚性印制电路板: 双面覆铜板→下料→叠板→数控钻导、通孔→检验、去毛刺、刷洗→化学电镀(导通孔金属化)→检验刷洗→覆膜(干膜或湿膜)→负性电路图形丝网印刷、固化→曝光、显影→检验、修板→线路图形电镀→去印料(感光膜)→蚀刻铜→退锡→清洁刷洗→阻焊图形丝网印刷、固化绿油→清洗、干燥→标记字符图形丝网印刷、固化→喷锡或有机保焊膜→外形加工→清洗、干燥→电气通断检测→检验包装→成品出厂。

## 1.4 课程定位与要求

### 1. 课程定位

本课程是电子信息类专业的核心课程, 是锻炼学生职业核心能力的重要环节, 为了更好地开展教学, 应注重以下几个方面。

(1) 立足于电子产品印制电路板的设计与制作实践, 立足于学生的直接经验和亲身经历, 立足于“做中学”和“学中做”; 以学生的亲手操作、亲历情境、亲身体验为基础, 强



调学生的全员参与和全程参与，进而获得情感态度、价值观及职业能力的发展。

(2) 注重学生的应用能力和创造能力培养。通过信息的获取、加工、管理、表达和交流，通过技术的设计、制作和评价，通过技术思想和方法的应用及实际问题的解决，为学生展示创造力提供广阔的舞台，是培养学生创新精神和实践能力的重要载体和有效途径。

(3) 将计算机辅助设计绘图员（电子）职业资格认证的有关要求融入课程标准中，学生通过本课程学习，能够结合工艺规范，运用计算机辅助设计软件，完成电子产品原理图绘制、印制电路板设计，并能使用制板设备完成一般电路板的制作任务，为学生将来在印制电路板设计、制作及生产岗位，胜任电子产品印制电路板设计与制作工作奠定基础。

## 2. 内容要求

本课程的学习目标为学习和掌握印制电路板的设计与制作方法，在整个教学过程中本着由浅到深及不同电路板应用的原则，将该课程内容分解为单片机学习仪的电源电路、小系统电路、简化板电路及完整板电路项目任务，分别构成简单单面印制电路板设计及其热转印法制作、复杂单面印制电路板设计及其雕刻法制作、一般规模双面印制电路板设计及其小型工业湿膜法制作、复杂双面印制电路板设计及其小型工业干膜法制作的载体。每个载体的设计制作严格按照印制电路板设计制作工艺安排教学内容。具体课程内容如表 1-1 所示，通过具体项目任务的训练，逐步提高学生设计与制作电子产品印制电路板的能力。

表 1-1 课程内容安排

序号	具体内容	任务要求	建议学时
1	印制电路板设计基础	了解 Protel DXP 2004 的设计环境及文档组织结构，掌握印制电路板设计制作流程及基础知识	6
2	简单单面印制电路板设计及其热转印法制作	了解印制电路板设计、制作及生产过程，掌握简单单面插针印制电路板设计及其热转印制作方法和过程	27
3	复杂单面印制电路板设计及其雕刻法制作	掌握复杂单面插针印制电路板的设计及其雕刻制作方法和过程	27
4	一般规模双面印制电路板设计及其小型工业湿膜法制作	掌握一般规模双面插针印制电路板的设计及其小型工业湿膜制作方法与过程	27
5	复杂双面印制电路板设计及其小型工业干膜法制作	掌握复杂双面贴片印刷板的设计及其小型工业干膜制作方法与过程	21
共 计			108

## 知识梳理与总结

本章从印制电路板的分类与构成、设计过程、制造过程等几个方面介绍了印制电路板的基础知识。通过本章的学习，需要掌握印制电路板的设计与制造流程，了解印制电路板的实物构成。

## 第2章

# 印制电路板的设计 环境与方法

### 教学导航

教	知识重点	Protel 2004 的设计环境、文档组织结构及其操作、印制电路板设计制作流程
	知识难点	原理图符号与元件封装知识
	推荐教学方法	软件操作演示
	建议学时	6
学	推荐学习方法	参照教材介绍, 使用 Protel 2004 软件进行练习
	必须掌握的理论知识	文档组织结构、印制电路板设计制作流程、原理图符号与元件封装知识
	必须掌握的技能	Protel 2004 软件简单操作、各类文档操作、常用原理图符号与元件封装识别