

电子线路CAD 项目化教程 (第2版)

鲁娟娟 徐宏庆 刘佳 主编

“十三五”职业教育规划教材 高职高专课程改革项目研究成果

电子线路 CAD 项目化教程

(第2版)

主 编 鲁娟娟 徐宏庆 刘 佳
副主编 陈 红 王高山 程 明
陈咸丰 张 楠

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

随着计算机技术的发展,电子线路设计工作进入了计算机辅助设计阶段,本书以电子线路 CAD 常用软件——Protel DXP 2004 SP2 为平台,以典型案例情境为引导,以工作项目为导向,以工作任务为驱动,通过 8 个典型案例详细讲解了电路原理图的绘制技巧、原理图元件库制作技巧、印制电路板 (PCB) 制作技巧、PCB 元件库制作技巧、Protel 99 SE 与 Protel DXP SP2 的相互转换。

本书可作为高职高专院校工科电子技术教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电子线路 CAD 项目化教程 / 鲁娟娟, 徐宏庆, 刘佳主编. —2 版. 北京: 北京理工大学出版社, 2017. 1 (2017. 2 重印)

ISBN 978-7-5682-2516-8

I. ①电… II. ①鲁… ②徐… ③刘… III. ①电子电路-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 142120 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 500 千字

版 次 / 2017 年 1 月第 2 版 2017 年 2 月第 2 次印刷

定 价 / 45.00 元



责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编写委员会

- | | | |
|------|-----|--------------------|
| 主 编： | 鲁娟娟 | 正德职业技术学院 |
| | 徐宏庆 | 正德职业技术学院 |
| | 刘 佳 | 正德职业技术学院 |
| 副主编： | 陈 红 | 河海大学 |
| | 王高山 | 正德职业技术学院 |
| | 程 明 | 无锡华文默克有限公司 |
| | 陈咸丰 | 南京雪常泉广电有限公司 |
| | | 湖南科瑞特有限公司 |
| | 张 楠 | 工业和信息化电子行业技能鉴定指导中心 |
| 参 编： | 白延敏 | 正德职业技术学院 |
| | 钟楚扬 | 商丘职业技术学院 |
| | 朱 洁 | 正德职业技术学院 |
| | 杨立生 | 正德职业技术学院 |

前言

Preface

本书是在 2013 年版同名教材的基础上进行修订的,保持了第 1 版“以服务为宗旨,以就业为导向”的职业教育方针,保持了打破“章、节”的编写模式,具有“以项目为导向,用工作任务进行驱动”的教材体系,“由简单到复杂,从单一到综合”的教学结构,“可读性、趣味性和应用性”等项目特色。同时在原有基础上进行了版本升级、内容完善、结构调整等操作,具体体现在以下几个方面。

1. 升级了软件版本

根据职业技能大赛的要求和企业的实际使用情况,将 Protel DXP 2004 软件升级为 Altium Designer 15 版本,切实满足教材跟生产接轨的需要。

2. 充实了教学内容

随着计算机技术和电子技术的飞速发展,专业课程体系的改革,充实了教学内容。整体结构在原有的基础上,增加制板工艺介绍和高速板的设计内容,删除原情景 9 的内容,并将章节名称做一定的调整,具体如下:

项 目	教学内容	等级	备注
项目 1 印制电路板设计平台搭建	电子产品设计简介,PCB 有关基本概念	基础篇	原情景 1
项目 2 印制电路板制板平台搭建	介绍制板的工艺		增加
项目 3 手摇式发电机电路板设计	简单原理图绘制,手工 PCB 单面板制作	初级篇	原情景 2
项目 4 稳压直流电源电路板设计	简单原理图绘制,自动 PCB 单面板制作		原情景 3
项目 5 温度控制器电路板设计	总线原理图绘制,双面 PCB 制作	进阶篇	原情景 4
项目 6 洗衣机控制器电路板设计	层次原理图绘制,双面 PCB 制作		原情景 5
项目 7 遥控小车驱动器电路板设计	原理图元件制作	深入篇	原情景 6
项目 8 医用测温针电路板设计	元件封装制作		原情景 7
项目 9 LED 驱动电源电路板设计	高级应用及四层板的制作	提高篇	原情景 8
项目 10 多路可控电流电路板设计	多通道及快捷键的应用		增加

3. 调整了项目结构

第 1 版本每个项目由情景描述、情景剖析和测试三部分组成,在修订教材中做了适

当的调整，每个项目由项目导入、项目分析、项目实施和测试四部分组成（项目 1、项目 2 无测试部分）。

（1）项目导入。为第 1 版中的情景分析，由实际生活引入项目，明确项目任务。

（2）项目分析。为第 1 版中情景剖析的前面一部分，对实施的任务进行整体分析，整理整体设计思路。同时增加对必备知识点的整理，明确学习目标。

（3）项目实施。为第 1 版中情景剖析后面具体的内容。

4. 增补了微课二维码等新技术

随着手持移动数码产品和无线网络的普及，基于微课的移动学习、远程学习、在线学习将会越来越普及，微课必将成为一种新型的教学模式和学习方式。因此在本修订教材中，对书中的重要技能点添加了微课二维码，以便实现课程翻转的教学模式。

5. 充实了教材修订团队

本次参加修订教材的人员，除了具有多年教学经验的教师外，还邀请了具有实际工程经验的工程师，职业技能鉴定站的老师等，具体修订安排如下：

项目 1、项目 3、项目 4、项目 5、项目 6、项目 7、项目 8 由鲁娟娟负责编写，陈红、王高山和张楠参与编写。

项目 2 由鲁娟娟负责编写，由无锡华文默克有限公司和湖南科瑞特有限公司提供材料和技术支持。

项目 9 由刘佳负责修订，由南京雪常泉广电有限公司提供技术支持，陈咸丰高工参与。

项目 10 由徐宏庆负责编写，由无锡华文默克有限公司提供材料和技术支持，程明经理参与编写。

全书由鲁娟娟统稿。

参与编写的还有白延敏、朱洁、杨立生、钟楚扬，修订过程中还参考了有关 PCB 设计方面的教材和互联网信息，收录了各省技能竞赛、江苏省创新创业大学生创新项目、正德职业技术学院老师设计的第二课堂项目，在这里表示一一感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者提出宝贵意见并批评指正。

编 者

目录

Contents

基础篇

► 项目 1 印制电路板设计平台搭建	3
1.1 项目导入	3
1.2 项目分析	5
1.2.1 PCB 认知	5
1.2.2 PCB 设计	7
1.2.3 PCB 开发工具	9
1.3 项目实施	10
1.3.1 Altium Designer 15 的基本使用	10
1.3.2 系统环境设置	12
1.3.3 工程文件管理	15
► 项目 2 印制电路板制板平台搭建	16
2.1 项目导入	16
2.2 项目分析	17
2.3 项目实施	18
2.3.1 小型工业化学制板法	18
2.3.2 手工雕刻制板法	22

初级篇

► 项目 3 手摇式发电机电路板设计	33
3.1 项目导入	33
3.2 项目分析	34
3.3 项目实施	35
3.3.1 手摇式发电机的原理图绘制	35
3.3.2 手摇式发电机的 PCB 设计	48
3.4 测试	69
3.4.1 巩固测试——简易闪光电路制作	69
3.4.2 提高测试——声控 LED 旋律灯制作	75

► 项目 4 稳压直流电源电路板设计	77
4.1 项目导入	77
4.2 项目分析	78
4.3 项目实施	79
4.3.1 稳压直流电源原理图绘制	79
4.3.2 稳压直流电源单面 PCB 制作	97
4.4 测试	115
4.4.1 巩固测试——声光控延时电路	115
4.4.2 提高测试——流水灯电路	121

进 阶 篇

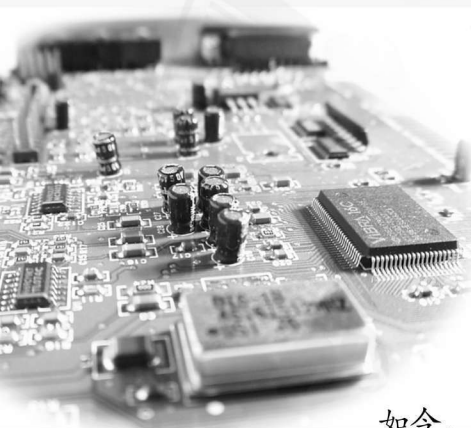
► 项目 5 温度控制器电路板设计	125
5.1 项目导入	125
5.2 项目分析	125
5.3 项目实施	128
5.3.1 温度控制器原理图绘制	128
5.3.2 温度控制器双面 PCB 制作	142
5.4 测试	163
5.4.1 巩固测试——数字钟电路	163
5.4.2 提高测试——抢答器电路	171
► 项目 6 洗衣机控制器电路板设计	173
6.1 项目导入	173
6.2 项目分析	174
6.3 项目实施	175
6.3.1 洗衣机控制电路层次原理图绘制	175
6.3.2 洗衣机控制电路的双面 PCB 设计	184
6.4 测试	190
6.4.1 巩固测试——摇摆钟	190
6.4.2 提高测试——超声波测速仪	199

深 入 篇

► 项目 7 遥控小车驱动器电路板设计	205
7.1 项目导入	205
7.2 项目分析	205
7.3 项目实施	209
7.3.1 遥控小车原理图元件库制作	209

7.3.2 遥控小车原理图绘制	223
7.3.3 遥控小车双面 PCB 板制作	225
7.4 测试	229
7.4.1 巩固测试——声光控灯	229
7.4.2 提高测试——水位控制器	233
► 项目 8 医用测温针电路板设计	238
8.1 项目导入	238
8.2 项目分析	238
8.3 项目实施	244
8.3.1 医用测温针 PCB 元件库制作	244
8.3.2 医用测温针原理图绘制	253
8.3.3 医用测温针 PCB 板制作	254
8.4 测试	259
8.4.1 巩固测试——八路抢答器	259
8.4.2 提高测试——有害气体报警器	263
提 高 篇	
► 项目 9 LED 驱动电源电路板设计	271
9.1 项目导入	271
9.2 项目分析	271
9.3 项目实施	274
9.3.1 原理图模板制作	274
9.3.2 开关电源集成库设计	276
9.3.3 开关电源原理图绘制	282
9.3.4 开关电路 PCB 制作	287
9.4 测试	292
9.4.1 巩固测试——多功能密码锁	292
9.4.2 提高测试——防盗报警器	299
► 项目 10 多路可控电流电路板设计	306
10.1 项目导入	306
10.2 项目分析	308
10.2.1 多通道设计	308
10.2.2 原理图设计	308
10.2.3 PCB 图设计	308
10.3 项目实施	309
10.3.1 原理图设计中参数及快捷键设置	309

10.3.2 多通道原理图设计	310
10.3.3 多路可控电流电路 PCB 制作	314
10.4 测试	324
10.4.1 巩固测试——多路可控电压电路板设计	324
► 参考文献	330



基础篇

如今，电子产品已融入我们的日常生活，与我们息息相关。因此，很多公司都推出了自己的 EDA（电子设计自动化）软件，其中 Protel Technology 开发的 PCB 系统软件应用最为广泛。常用的 PCB 开发工具有 Protel、PowerPCB、OrCAD 和 Cadence 等，其中 Protel 是国内常用的 PCB 软件。本篇将通过“印制电路板设计平台搭建”和“印制电路板制板平台搭建”两个项目，实现以下能力培养：

- （1）了解电子产品设计基本流程；
- （2）理解 PCB 的有关基本概念；
- （3）掌握 Altium Designer 15 的基本操作；
- （4）了解电路板制作的基本工艺；
- （5）了解中小型工业制板的基本流程；
- （6）了解手工雕刻制板的基本流程。

项目 1

印制电路板设计平台搭建

1.1 项目导入

如今，电子产品已融入我们的日常生活，与我们息息相关。那么无论是平常用的手机、计算机，还是带给我们娱乐的电视机、MP5、游戏机以及带给我们生活便利的洗衣机、冰箱、微波炉、烤箱、汽车等，都是怎样制造出来的呢？如图 1-1 所示为 iPhone 手机，揭开这些电子产品美丽的外观，里面其实是一块或多块电路板，称为内部电路板，在这些板子上面分布了多个元件，如电阻、电容、电感、集成电路等，还有连接这些元件引脚的连接导线（称为印制线路）。如图 1-2 所示为 iPhone 内部电路板。这些板子就是“印制电路板”，简称 PCB，即可将零件相互连接并可支撑零件的电子部件。

PCB 设计在电子产品设计中是一个很重要的过程。一般电子产品的开发流程如图 1-3 所示，其中的硬件设计流程如图 1-4 所示，从图中可知 PCB 设计是硬件开发过程中很重要的环节。本项目的主要内容是为 PCB 的设计搭建平台。



图 1-1 iPhone 手机实物图

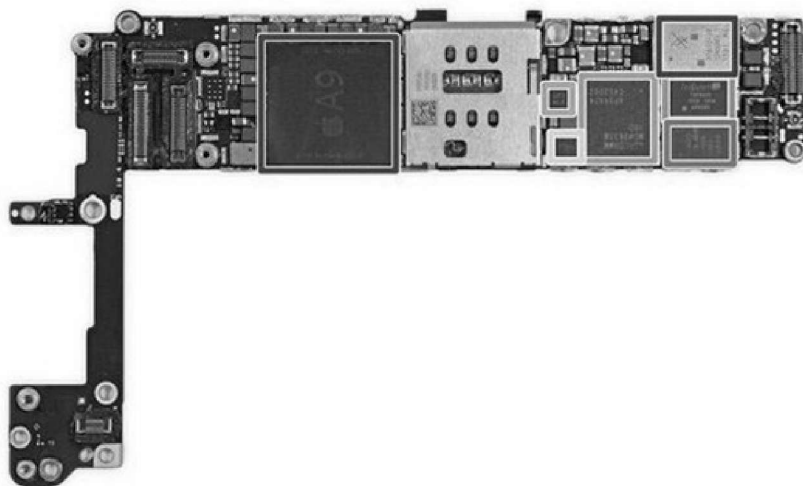


图 1-2 iPhone 手机内部电路板（主板）

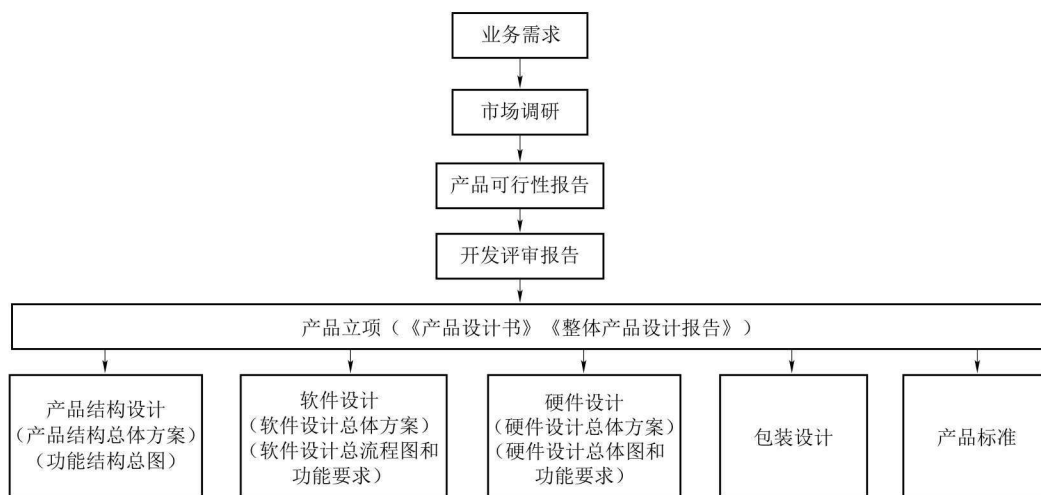


图 1-3 电子产品开发流程

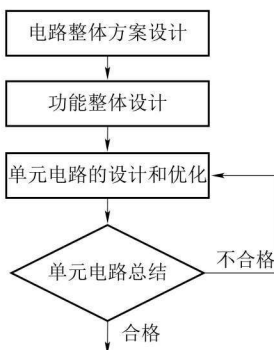


图 1-4 硬件设计流程

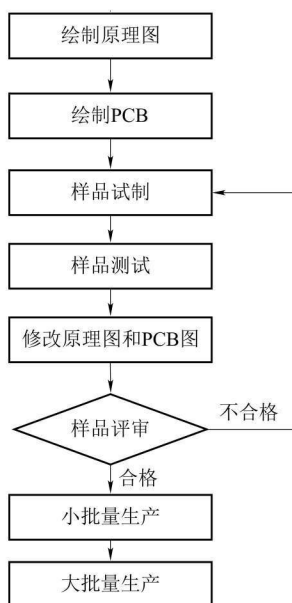


图 1-4 硬件设计流程（续）

1.2 项目分析

1.2.1 PCB 认知

1. 印制电路板

印制电路板，又称印刷电路板、印刷线路板，简称印制板，英文简称 PCB（Printed Circuit Board），是以一定尺寸的绝缘板为基材，其上至少附有一个导电图形，并布有孔（如元件孔、紧固孔等），用来代替以往装置电子元器件的底盘，并实现电子元器件之间的相互连接。由于这种板是采用电子印刷术制作的，故被称为印刷电路板。

印刷电路板并非一般终端产品，例如：个人电脑用的母板，称为主板，而不能直接称为电路板，虽然主机板中有电路板的存在，但是并不相同。再譬如：因为有集成电路零件装载在电路板上，因而新闻媒体称他为 IC 板，但实质上他也不等同于印刷电路板。我们通常说的印刷电路板是指裸板，即没有元器件的电路板。总之，在电子设备中，PCB 具有以下几个功能：

- （1）为各种电子元器件提供机械支架；
- （2）为各种电子元器件实现电气连接；
- （3）为电子装配提供图像，以便正确安装元器件，维修电子设备。

2. 印制电路板的组成

一般的印制电路板通常由覆铜板、丝印层、焊盘和过孔等组成，如图 1-5 所示。

- （1）覆铜板：全称为覆铜箔层压板，是制造印制电路板的主要材料。它是经过粘接、热

挤压工艺，将一定厚度的铜箔牢固地附着在绝缘基板上的板材，如图 1-6 所示。基材是由高分子合成树脂和增强材料组成的绝缘层压板。合成树脂作为黏合剂，是基板的主要成分，决定电气性能；增强材料是一种纸质或布质材料，决定基板的耐热性能和机械性能（耐焊性、抗弯曲强度）等。

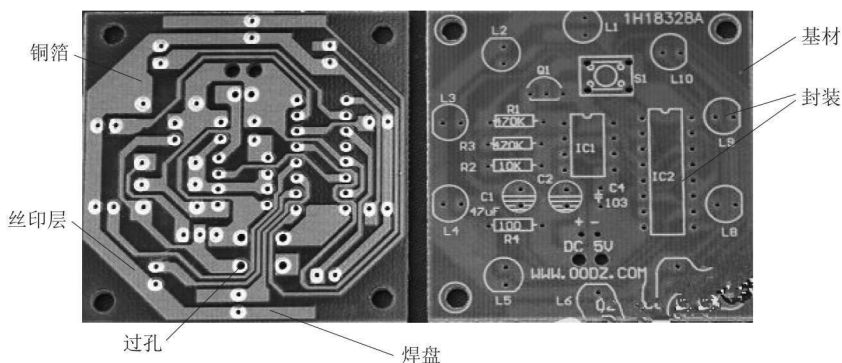


图 1-5 电路板的组成

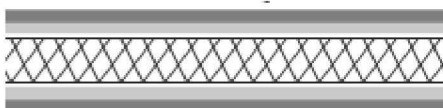


图 1-6 覆铜板

(2) 丝印层：铜箔不是裸露在空气中的，在铜箔层上有一层丝印层，用来保护铜箔层。

(3) 封装：实际元件焊接到电路板时所指示的元件外形和焊盘位置等，如电阻的形状、标称值、元件标号等，为便于安装和维修，通常也印制在丝印层。

(4) 焊盘：用于在电路板上固定元器件，也是电信号通过铜箔进入元件的电路组成部分。

(5) 过孔：用于连接各层需要连接的铜箔。

3. 印制电路板的分类

(1) 按基材分类。按基材可分为刚性印制板和柔性印制板两大类，如图 1-7 和图 1-8 所示，具体分类见表 1-1。

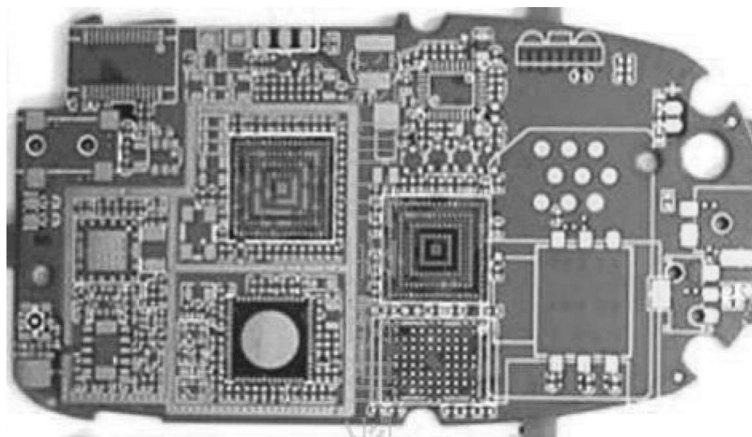


图 1-7 刚性印制板



图 1-8 柔性印制板

表 1-1 按基材分类的 PCB

分类	材料	特点	适用场合
刚性印制板	纸基板	价格低廉，性能较差	低频电路和要求不高的场合
	玻璃布板	价格较贵，性能较好	高频电路和高档家电电子产品
	复合基板	价格较贵，性能较好	高频电路和高档家电电子产品
	特殊材料	价格较贵，性能较好	高频电路
柔性印制板	软性绝缘材料	可进行折叠、弯曲，节约空间	小型化、薄型化电子产品

(2) 按导电板层划分。根据铜箔的层数，可分为单面板、双面板和多层板三类，如图 1-9 所示为单面板和双面板。

单面板：如图 1-9 (a) 所示，元器件集中在一面，导电图形布置在另一面上。因为只有其中一面有导电图形，所以称之为单面板，一般比较适合简单的电路。

双面板：如图 1-9 (b) 所示，元器件可布置在两面，导电图形也可布置在两面，并通过金属化孔进行连接。因为两面都有导电图形，所以称之为双面板，一般适合稍复杂的电路。

多层板：导电图形可以布置在电路板的两面，还可以布置在中间，一般应用在较复杂的电路中。

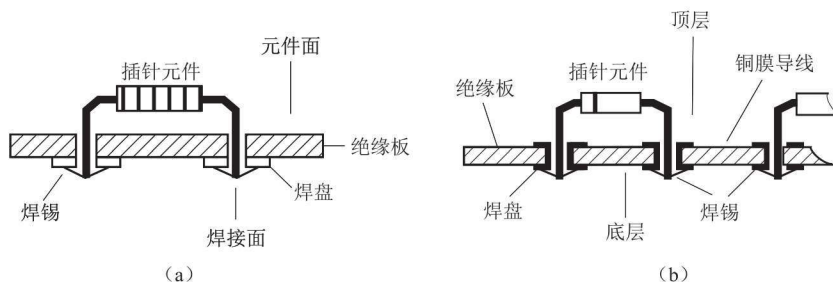


图 1-9 单面板和双面板

(a) 单面板；(b) 双面板

1.2.2 PCB 设计

1. PCB 设计流程

PCB 设计一般包括绘制原理图、设计 PCB 版图和 PCB 制作三大过程，如图 1-10 所示。具体的设计流程如图 1-11 所示，包含设计启动、创建原理图元件库、创建 PCB 元件库、创建原理图文件、绘制原理图、原理图验证、创建 PCB 文件、导入网络表、PCB 布局、PCB