

# 第一篇 电子 CAD 入门

## 任务一 认识印制线路板

印制线路板简称 PCB (Printed Circuit Board)。通常在绝缘基材上,按预定设计,制成印制线路、印制元件,以及点间连接的导电图形,这样的产品叫做印制线路板。PCB 是电子元器件的支撑体,是电子元器件电气连接的提供者,几乎所有的电子产品都离不开印制线路板。由于它是采用电子印刷术制作的,故被称为“印制”线路板,亦称为印制板或印制电路板。

CAD (Computer Aided Design) 即计算机辅助设计。电子 CAD 即设计人员利用计算机软硬件及图形设备帮助进行 PCB 板图设计工作,以减少工程制图中的许多烦琐重复的劳动,缩短设计周期,并提高设计质量。

学习本课程的最最终目的就是利用 CAD 软件 Protel DXP SP2 来完成印制电路板的板图设计。

### 技能 1 印制板的组成

图 1-1 为调频收音机印制电路板焊接元件后的实物图,从图上可以看到各种元器件包括电阻、电容、二极管、三极管、集成电路芯片、PCB 走线、接口及焊盘等。这种在绝缘基底上由各种元器件、接插件、PCB 走线、以及焊盘、过孔等构成的板子即为印制电路板。

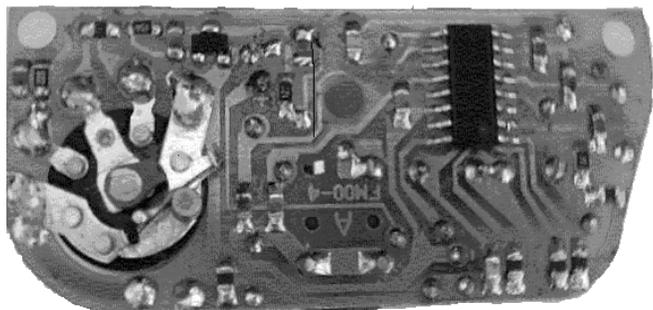


图 1-1 FM 收音机 PCB 实物图

### 技能 2 印制板的种类及材料

#### 1. 印制板的分类

(1) 按基材的性质可分为刚性印制板和挠性印制板两大类。刚性印制板具有一定的机械强度,用它装成的部件具有一定的抗弯能力,在使用时处于平展状态,如图 1-2 所示。一般电子设备中使用的都是刚性印制板。

挠性印制板是以软层状塑料或其他软质绝缘材料为基材制成的,便于折叠和卷绕。它制成的部件可以弯曲和伸缩,在使用时可根据安装要求将其弯曲,如图 1-3 所示。挠性印制板一般用于特殊场合,如某些数字万用表的显示屏是可以旋转的,其内部往往采用挠性印制板。

我们打开台式机的键盘就能看到一张软性薄膜（挠性的绝缘基材），其上印有银白色（银浆）的导电图形与键位图形。

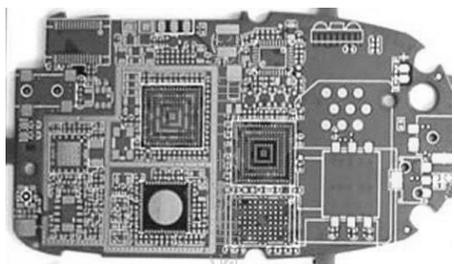


图 1-2 刚性印制板的实例



图 1-3 挠性印制板的实例

(2) 按布线层次可分为单面板、双面板和多层板三类。单面板：绝缘基底上仅一面具有导电图形的印制电路板。它通常采用层压纸板或玻璃布板加工制成。单面板的导电图形比较简单，大多采用丝网漏印法制成。只有性能要求不高的简单的电路或者早期的电路才使用这类板子。单面板结构如图 1-4 (a) 所示。

双面板：绝缘基底的两面都有导电图形的印制电路板。它通常采用环氧纸板或玻璃布板加工制成。由于两面都有导电图形，所以一般采用金属过孔使两面的导电图形连接起来。双面板一般采用丝印法或感光法制成。由于布线可在两面交错贯通，所以适用于比单面板更复杂的电路。双面板结构如图 1-4 (b) 所示。

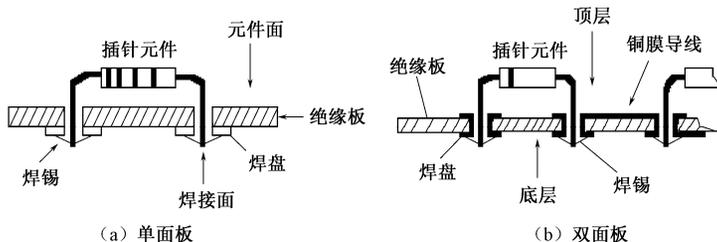


图 1-4 单面板与双面板结构剖面图

多层板：有三层或三层以上导电图形的印制电路板。多层板通常由数片双面板中间放进绝缘层后粘压而成，所以通常层数是偶数。如大部分的计算机主板是 4~8 层结构。为了将夹在绝缘基板中间的印制导线引出，多层板上的焊盘孔和过孔壁需经金属化处理，使之与夹在绝缘基板中的印制导线连接。四层板结构如图 1-5 所示。多层 PCB 的特点如下。

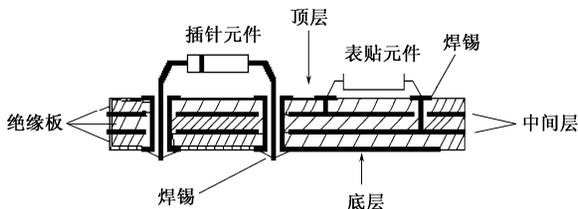


图 1-5 四层板结构剖面图



- ◆ 与集成电路配合使用,可使整机小型化,减少整机重量。
- ◆ 提高了布线密度,缩小了元器件的间距,缩短了信号的传输路径。
- ◆ 减少了元器件焊接点,降低了故障率。
- ◆ 由于增设了屏蔽层,电路的信号失真减少。
- ◆ 引入了接地散热层,可减少局部过热现象,提高整机工作的可靠性。

单面板和双面板用眼睛容易分辨,前者只在板的一面有印制导线,而另外一面没有,后者在板的两面都有印制导线。多层板的电路连接采用了埋孔和盲孔技术,将印制板对着光源,通过观察导孔就可以辨识。

## 2. 印制板的基材

基材选择不当不仅会影响产品的某些性能,如耐热性、产品的工作温度、绝缘电阻、介电损耗等,甚至还会影响制造的工艺成本。

刚性印制板常见的基底材料有纸质覆铜箔层压板和玻璃布覆铜箔层压板两大类。它们都是使用粘结树脂将纸或玻璃布粘在一起,然后经过加热、加压工艺处理而成。目前常用的粘结树脂主要有酚醛树脂、环氧树脂、聚四氟乙烯树脂等。

常见的刚性 PCB 有以下几种:

- (1) 酚醛纸质层压板:酚醛纸质层压板可以分为不同等级,大多数等级能够在高达 70~105 温度下使用。在过热和高湿度环境下会使基材的绝缘电阻大幅度减小。
  - (2) 环氧纸质层压板:与酚醛纸质层压板比,环氧纸质层压板在电气性能和非电气性能方面都有较大的提高,有较好的机械加工性能和机械性能。根据材料的厚度,使用温度可达 90~110 。
  - (3) 聚酯玻璃层压板:聚酯玻璃层压板机械性能高于纸质材料,具有很好的抗冲击性和电气性能,能够在很宽的频率范围内应用,在高湿度环境下也能保持好的绝缘性能。使用温度可达 100~105 。
  - (4) 环氧玻璃布层压板:环氧玻璃布层压板的弯曲强度大、耐冲击,尺寸稳定,翘曲度和耐焊接热冲击都比纸质材料好,电气性能也较好,使用温度可达 130 。
- 受恶劣环境(湿度)影响小。

此外还有特殊功能的刚性覆铜板,如金属基(芯)覆铜板、陶瓷基覆铜板、高介电常数板等。

挠性覆铜板基材有聚酰亚胺薄膜、感光性覆盖膜等。

## 技能 3 印制板制作流程

在电子产品生产中,印制板作为一个重要部件,一般是由整机厂设计,专业印制板生产厂家制造的。但在产品研制及创新制作时,需要印制板数量少、而且不定型的情况下,出于时间和经济考虑,可用简单快速法自己制作 PCB。

不同类型的印制板的加工工艺各有不同,自制印制板也有多种方法,目前较常用的方法有光敏膜法(需专用光敏膜覆铜板材)及热转印法两种。热转印法制板工艺典型工作过程如图 1-6 所示,典型工序如下:

- (1) 设计版图。用 Protel, Orcad, PowerPCB, AutoCAD, CorelDRAW 或其他制图软件

(甚至可以用 Windows 的“画图”工具)制作好印制电路板图形。

(2) 转印出图。用激光打印机按 1:1 的比例打印在热转印纸的光滑面上。

(3) 图形转移。用细砂纸擦干净覆铜板,磨平四周,将打印好的热转印纸覆盖在覆铜板上固定好,送入热转印机,使融化的墨粉完全吸附在覆铜板上。转印后掀开转印纸一角,检查转印图形完整性,以决定是否需重复热转印(以免转印不完全)或局部修补(少量缺陷用专用修整笔)。

(4) 蚀刻。覆铜板冷却后揭去热转印纸,将检查并修补无误的板子批量送入蚀刻机腐蚀后即可形成做工精细的印刷电路板。

(5) 钻孔。将蚀刻好的板子清洗干净,上钻床打孔,注意孔径区别。

(6) 清洗/涂助焊剂。检查整个印制板,特别注意短路或断路缺陷,并修正错误(短接处可用刀刻、断路处刮去保护层,准备用锡焊连接)。检查无误后涂助焊剂。

至此,印制板加工完成。接下来通过焊接、检测、装配、调试等系列工序来完成电子产品的制作。

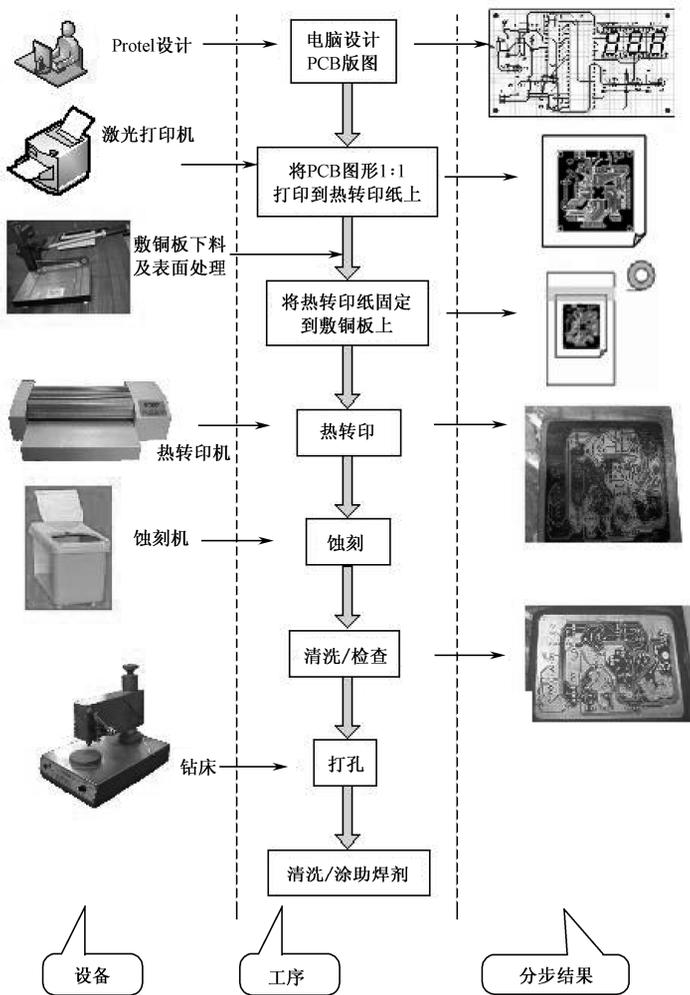


图 1-6 热转印法制板工艺流程



## 任务二 Protel 使用基础

### 技能 1 Protel 主要功能

#### 1. Protel 的主要功能模块

Protel DXP 主要由电路原理图设计模块、印制电路板设计模块、电路信号仿真模块、PLD 逻辑器件设计模块和信号完整性分析模块五部分组成，各模块具有强大的功能，可以很好地实现电路设计与分析。

(1) 原理图设计模块(Schematic 模块): 电路原理图主要由代表各种电子元件的图形符号、连线和节点组成。

电路原理图设计部分包括原理图编辑器(简称 SCH 编辑器)、元件库编辑器(简称 SchLib 编辑器)和各种文本编辑器。该模块的主要功能是: 绘制、修改和编辑电路原理图; 更新和修改电路图元件库; 查看和编辑有关电路图和零件库的各种报表。

(2) 印制电路板设计模块(PCB 设计模块): 网络表是由电路原理图到制作电路板的桥梁。设计了电路原理图后, 需要由原理图生成网络表, 然后再根据网络表制作电路板。

印制电路板设计部分包括印制电路板编辑器(简称 PCB 编辑器)、元件封装编辑器(简称 PCBLib 编辑器)和电路板组件管理器。该模块的主要功能是: 绘制、修改和编辑电路板; 更新和修改元件封装; 管理电路板组件。

(3) 电路信号仿真模块: 电路信号仿真模块是一个功能强大的数字/模拟混合信号电路仿真器, 能提供模拟和数字信号仿真。

在 Protel 中进行仿真时, 图中所有元件都要具有仿真参数, 并且要加上合适的激励源。通过对电路原理图进行信号仿真, 可验证其正确性和可行性。

(4) 可编程逻辑器(PLD)设计模块: 可编程逻辑器设计模块包含一个有语法功能的文本编辑器和一个波形编辑器(Waveform)。本系统的主要功能是对逻辑电路进行分析、综合, 观察信号的波形。利用 PLD 系统可以最大限度地精简逻辑部件, 使数字电路设计达到最简化。

Protel DXP SP2 增加了 FPGA 设计工具。

(5) 信号完整性分析模块: 信号完整性分析模块提供了一个精确的信号完整性模拟器, 可用来分析 PCB 设计、检查电路设计参数、实验超调量、阻抗和信号谐波要求等。

#### 2. Protel 设计流程

Protel 项目设计的一般流程如图 1-7 所示。

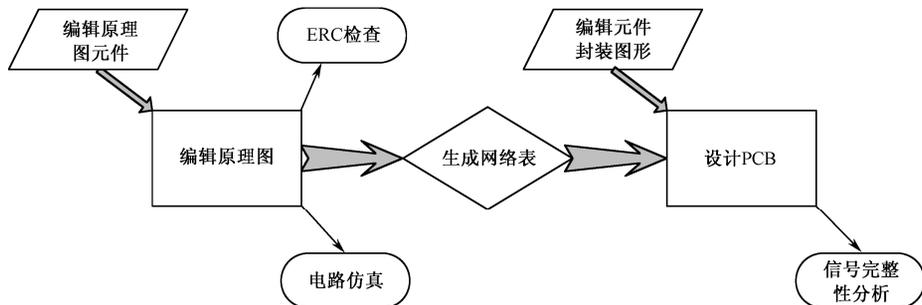


图 1-7 Protel 项目设计流程



(1) 编辑原理图：利用原理图设计工具绘制原理图，并且生成对应的网络表。当然，有些特殊情况下（如电路板比较简单，或者已经有了网络表等）也可以不进行原理图的设计，直接进入 PCB 设计系统。

原理图中的元件可以从 Protel 自带的元件库中取用，但是如果在其自带元件库中找不到合适的元件的话，就要根据实际使用器件自己绘制元件。建议将自己所画的元件都放入一个自己建立的元件库专用设计文件中。

原理图完成后，可通过运行 ERC 检查原理图是否存在违反绘图规则的问题。

必要时，通过电路仿真对原理图整体或局部单元电路进行仿真分析，验证电路功能。

(2) 设计 PCB：首先要加载所用到的库文件，然后调入网络表文件到 PCB 文件中，在这个过程中，当某一元件的封装在已加载的库中找不到或者不一致时，可以根据设计情况来修改或自制元件的封装。

元件全部在 PCB 文件中以封装的形式出现以后，对元件进行布局和布线。布线结束后，最好使用 PCB 编辑器提供的 DRC 功能检查是否存在与设计规则相抵触的问题。

对于高频电路，完成 PCB 设计后，有必要通过信号完整性分析，验证 PCB 板的电磁兼容性指标是否达到要求。

如果系统中存在 PLD 器件，则可进入 PLD 编辑器操作，以生成 PLD 下载文件。

## 技能 2 Protel DXP SP2 的安装、汉化及系统文件组成

### 1. Protel DXP SP2 的运行环境

(1) 软件环境：操作系统要求为 Windows XP、Windows 7、Windows 8、Windows 10、或更高版本，不支持 Windows 95/98/ME。

(2) 硬件环境典型配置：

- ◆ CPU：Pentium 1.2GHz 及以上，或其他公司同等级的 CPU；
- ◆ 内存：至少 512MB；
- ◆ 硬盘空间：至少 1GB；
- ◆ 显卡：显卡内存至少 8MB；
- ◆ 显示器：最低显示分辨率不低于 1024 × 768 像素。

### 2. Protel DXP SP2 的安装及汉化

Protel DXP SP2 有单机版和网络版两种。单机版适用于个人电脑，网络版适用于实验室、机房等多机环境。以下介绍单机版的安装。

(1) 运行安装光盘上的“setup.exe”安装 Protel DXP SP2；

(2) 注册；

(3) 汉化。

首先启动 Protel DXP SP2，启动方法与其他 Windows 应用程序一样，用鼠标双击桌面的快捷方式图标，或者选择 Windows 的【开始】 【所有程序】 【Altium SP2】 【DXP SP2】选项即可启动。初次启动后将进入英文环境，如果习惯使用中文环境，可通过下面的设置进入。

启动英文环境后，单击主菜单中的  按钮，如图 1-8 所示，在弹出的菜单中选择



【Preferences】命令，系统将弹出【Preferences】（优先设定）对话框。

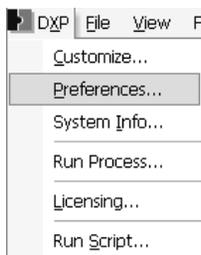


图 1-8 【Preferences】选项

在【优先设定】对话框中，选择【DXP System】中的【General】选项卡，如图 1-9 所示，选中该标签页最下方【Localization】区域中的【Use localized resources】复选框，此时系统将弹出一个提示对话框，如图 1-10 所示，提示用户此项设置将在重新启动 Protel DXP SP2 后生效。单击提示框中的【OK】按钮。

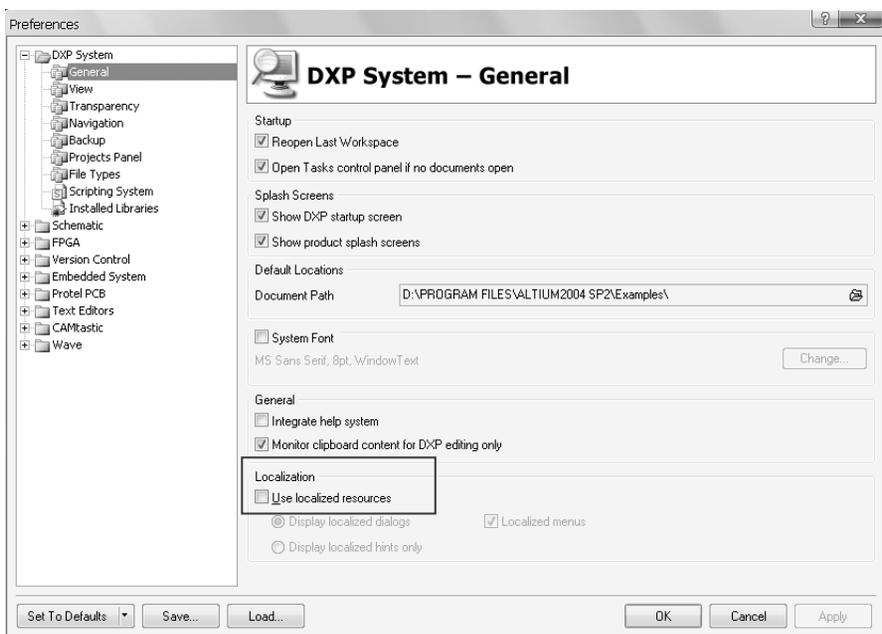


图 1-9 系统参数设置对话框



图 1-10 提示对话框

关闭 Protel DXP SP2 系统，然后重新启动，可以看到已经转换为中文环境，如图 1-11 所示。



图 1-11 中文环境启动后的主窗口界面

### 3 . Protel DXP SP2 的系统文件

Protel DXP SP2 的系统文件结构如图 1-12 所示，Protel DXP SP2 比 Protel 99 SE 提供了更加丰富的库文件和更多的案例。

#### 技能 4 Protel DXP SP2 与 Protel 99 SE 比较

(1) 操作界面。相比 99 SE 简单利落的操作界面，DXP 的菜单和窗口界面稍显复杂，但 DXP 提供了灵活的项目和文件的管理方式。

(2) 功能方面。作为 5 年后的改进版本，DXP SP2 在 99 SE 的基础上功能更加完善，操作上也更加灵活、方便、人性化仿真功能也有较大改进。在编辑区的缩放、移动、原理图错误定位等操作方面，99 SE 有明显的不足。

(3) 设计文件的管理。大多数使用 99 SE 的用户都使用“设计数据库”的方式管理项目文件，而 DXP 采用“设计项目”的方式来管理，以项目文件为中心，将所有设计的 SCH 文件、PCB 文件、SCHLIB 文件、PCBLIB 文件、仿真文件、文本说明文件、网络表文件及 GERBER 文件等汇总为一个设计项目。这种方式与现在大多数 Windows 工具软件的管理方式一致。

(4) 库文件。99 SE 的原理图库文件和 PCB 封装库文件是分离的，而 DXP 采用的是集成元件库（后缀为.IntLib），同时也支持独立的原理图库文件和 PCB 封装库文件。因为 DXP 元件采用了集成元件库，所以原理图中的元件会自带默认封装，这点对于初学者，尤其是参加 CAD 考证的学生来说显得尤为方便，不过教学中要注意不要使学生对默认封装产生依赖，应当能根据实际情况更换封装。

(5) DXP SP2 兼容 99 SE。以往用 99 SE 设计的文件可以用 DXP 来打开。以 DXP 设计的项目及文件经过转换后也可以被 99 SE 打开。只需在 DXP 中打开设计项目 打开原理图或 PCB 文件，执行【文件】 【另存为...】菜单命令，将 DXP 文件保存为 4.0 或 3.0 格式的文件即可在 Protel 99 中打开。

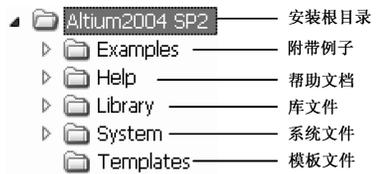


图 1-12 DXP SP2 安装后的系统文件结构

