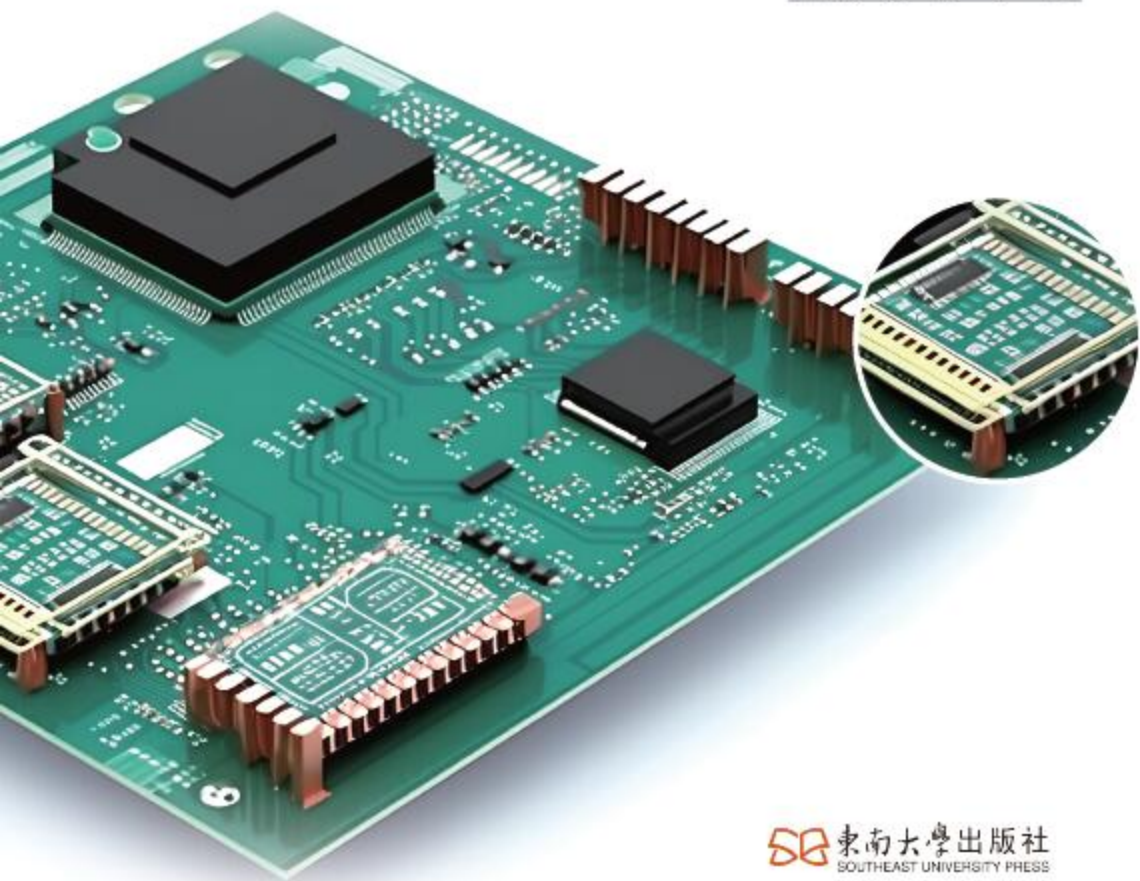


职业教育 岗课赛证 融通系列教材

印制电路板 设计教程

主编 饶静 李川



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

职业教育 岗课赛证 融通系列教材

印制电路板 设计教程

主 编 饶 静 李 川

副主编 郭丽君 吴军献 莫志宏

参 编 李 煜 王筱琳 汪文婷

周仕林 赖鹏威

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内容提要

本书以企业实际生产项目为载体，融入蓝桥杯 EDA 赛、全国职业院校技能大赛中职组电子电路装调与应用赛项竞赛内容，融入 3D 建模新技术、彩色丝印新工艺，让学生在任务式行动体系中掌握印制电路板设计的学科体系知识和技能。本书共分为六个项目，分别为绪论、印制电路原理图设计、原理图库元件设计、PCB 封装库元件设计、印制电路板 PCB 设计和综合训练。

本书可作为中职学校电子信息技术相关专业的教材使用，也可作为相关领域工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

印制电路板设计教程 / 饶静, 李川主编. — 南京 : 东南大学出版社, 2024. 7. — ISBN 978-7-5766-1523-4
I. TN41
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20247KX083 号

责任编辑：咸玉芳 责任校对：韩小亮 封面设计：易 帅 责任印制：周荣虎

印制电路板设计教程

YINZHI DIANLUBAN SHEJI JIAOCHENG

主 编：饶静 李川
出版发行：东南大学出版社
出 版 人：白云飞
社 址：南京市四牌楼 2 号 邮编 210096
印 刷：天津市蓟县宏图印务有限公司
开 本：787 mm×1092 mm 1/16
印 张：11
字 数：234 千
版 次：2024 年 7 月第 1 版
印 次：2024 年 7 月第 1 次印刷
书 号：ISBN 978-7-5766-1523-4
定 价：56.50 元

(凡因印装质量问题，请直接与营销中心调换，电话：025-83791830)

印制电路板简称电路板，又称 PCB(Printed Circuit Board)。作为电子信息产品不可或缺的基础组件，印制电路板被称为“电子产品之母”。它的使用大大减少了导线布线和元件装配的差错，提高了自动化水平和劳动生产率。

为落实立德树人根本任务，适应湖北省“51020”现代产业体系中新一代信息技术产业发展要求，我们按照教育部 2022 年新版专业简介中电子信息技术专业的主要专业能力要求编写了本书。本书以企业实际生产项目为载体，融入蓝桥杯 EDA 赛、全国职业院校技能大赛中职组电子电路装调与应用赛项竞赛内容，融入 3D 建模新技术、彩色丝印新工艺，让学生在任务式行动体系中掌握印制电路板设计的学科体系知识和技能。

本书具有以下特色：

1. 产教融合，与区域产业结构紧密对接

我们依托光电子信息产业发展，联合区域行业企业，开发出以印制电路板设计为基础技能的专业核心课程，让学生通过企业典型光电子产品的印制电路板设计，掌握设计所需的基本技能。本书还可作为相关行业企业员工开展岗前培训、岗位培训等技术技能培训用书。

2. 岗课赛证，适应技术技能型人才发展要求

根据电子制造行业对印制电路板设计岗位的需求，本书结合蓝桥杯 EDA 赛、全国职业院校技能大赛中电路设计赛项内容，在以赛促教的同时确保课程掌握的知识、技能与实际岗位需求相匹配。

3. 教材学材，同步引导提高综合能力

本书以学生本位为导向，结合实际工作能力需求，以“项目+任务”的方式组织教学内容，充分发挥学生在教学中的主体性和参与性，以提升学生的学习能力及职业素养等综合能力。

本书由武汉市仪表电子学校饶静、李川担任主编，武汉市仪表电子学校郭丽君、湖北





十堰职业技术(集团)学校吴军献、深圳嘉立创科技集团股份有限公司莫志宏担任副主编，武汉市仪表电子学校李煜、王筱琳、汪文婷、周仕林及深圳嘉立创科技集团股份有限公司赖鹏威参与编写。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请专家、同行批评指正，也欢迎广大读者积极提出意见与建议。

编 者



目录

CONTENTS

项目一 绪论	(1)
任务一 认识印制电路板	(1)
任务二 认识嘉立创 EDA 专业版	(2)
任务三 专业版的特色功能	(11)
项目二 印制电路原理图设计	(14)
任务一 USB 集线器原理图设计	(14)
任务二 电子校徽原理图设计	(31)
任务三 电子琴原理图设计	(43)
项目三 原理图库元件设计	(58)
任务一 原理图库元件调用与修改	(59)
任务二 原理图库元件新建与绘制	(64)
项目四 PCB 封装库元件设计	(76)
任务一 PCB 封装库元件修改与调用	(77)
任务二 PCB 封装库元件新建与绘制	(80)
项目五 印制电路板 PCB 设计	(89)
任务一 USB 集线器 PCB 设计	(90)
任务二 电子校徽 PCB 设计	(115)
任务三 单片机电子琴 PCB 设计	(139)
项目六 综合训练	(166)
参考文献	(170)

项目一 绪论

任务一 认识印制电路板

印制电路板又称 PCB 线路板，是电子元器件电气连接的提供者。它的发展已有 100 多年的历史，其设计主要是版图设计。采用电路板的主要优点是大大减少了布线和装配的差错，提高了自动化水平和劳动生产率。

印制电路板按照电路板层数可分为单面板、双面板、四层板、六层板以及其他多层电路板。

一、单面板

在最基本的 PCB 上，零件集中在其中一面，导线则集中在另一面。因为导线只出现在其中一面，所以这种 PCB 叫做单面板(single-sided)。因为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自的路径)，所以只有早期的电路才使用这类面板。

二、双面板

双面板的两面都有布线，但是要用上两面的导线，必须在两面间有适当的电路连接。这种电路间的“桥梁”叫做通孔(via)。通孔是在 PCB 上充满或涂上金属的小洞，可以与两面的导线相连。因为双面板的面积比单面板大了一倍，所以双面板解决了单面板中布线交错的难点，更适合用在比单面板复杂的电路上。

三、多层板

为了增加可以布线的面积，多层板上用了更多单面或双面的布线板。用一块双面板作内层、两块单面板作外层或两块双面板作内层、两块单面板作外层，通过定位系统及绝缘黏结材料交替在一起，且导电图形按设计要求进行互连的印制电路板就称为四层、六层印制电路板，也称为多层印制电路板。



任务二 认识嘉立创EDA专业版

一、软件安装与激活

(一) 打开浏览器

打开浏览器(推荐使用火狐浏览器),在对话框中搜索“嘉立创 EDA”,进入嘉立创 EDA 官网(见图 1-1),注册账号[单击“注册”,可通过手机号注册或微信“扫一扫”快速注册(见图 1-2)].若已有账号,可直接单击“登录”。



图 1-1 嘉立创 EDA 官网



图 1-2 微信“扫一扫”快速注册

登录账号后,可直接在官网页面在线使用嘉立创 EDA 专业版编辑器:单击“嘉立创



EDA 编辑器”(见图 1-3)→单击“专业版”(见图 1-4),即可进入嘉立创 EDA 专业版编辑器主界面(见图 1-5)。



图 1-3 单击“嘉立创 EDA 编辑器”



图 1-4 单击“专业版”



图 1-5 嘉立创 EDA 专业版编辑器主界面



(二) 打开客户端

1. 下载安装客户端

进入嘉立创 EDA 官网，单击“立即下载”进入客户端下载页面(见图 1-6)，根据电脑版本选择专业版客户端安装包下载链接，如图 1-7 所示。



图 1-6 客户端下载页面

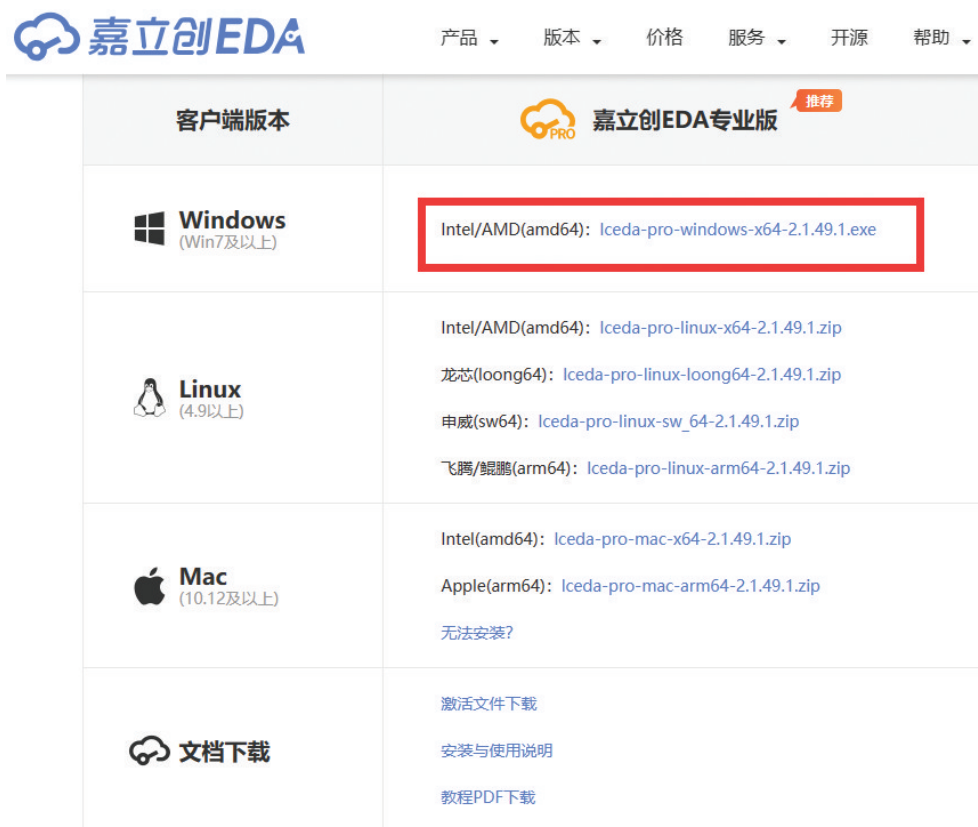


图 1-7 Windows 系统选择下载链接

安装包下载完成后，双击打开安装包，选择安装嘉立创 EDA 专业版，进入安装界面，



如图 1-8 所示。单击“下一步”→选择安装路径→单击“下一步”→勾选“创建桌面快捷方式”→单击“下一步”→单击“安装”即可，如图 1-9~图 1-12 所示。

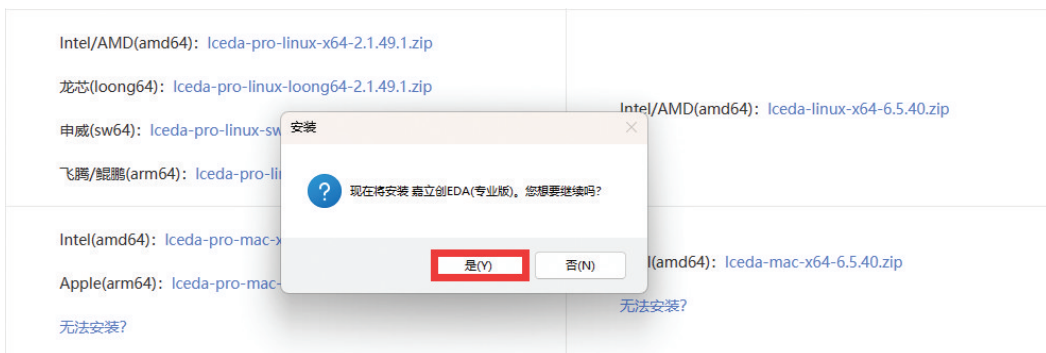


图 1-8 下载客户端



图 1-9 客户端安装向导



图 1-10 客户端安装路径设置





图 1-11 附加快捷方式

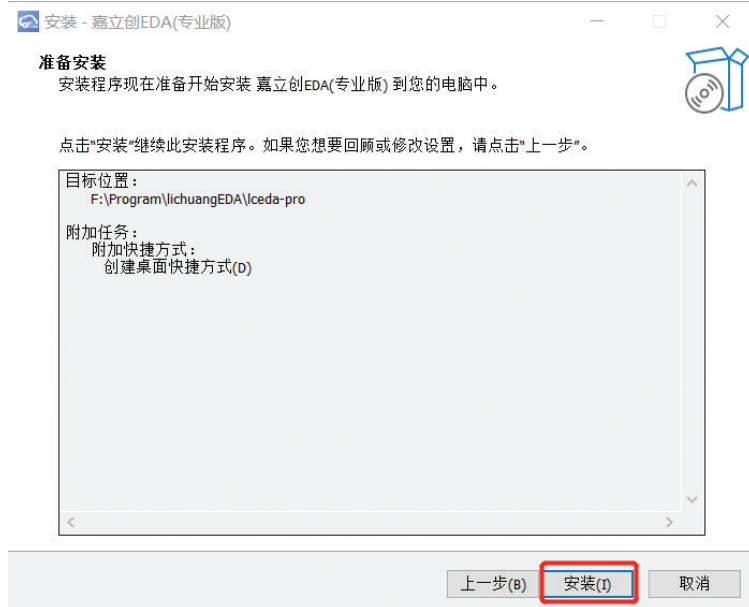


图 1-12 客户端安装

安装完成后在桌面找到客户端的桌面快捷方式, 双击运行客户端。

2. 激活客户端

首次运行客户端还需激活软件。打开嘉立创 EDA 官网, 进入专业版客户端下载页面, 单击“激活文件下载”链接, 如图 1-13 所示。



图 1-15 粘贴激活文件



图 1-16 客户端主界面

至此，即完成嘉立创 EDA 专业版客户端的安装与激活。

二、软件菜单界面简介

(一) 运行模式

双击打开嘉立创 EDA 专业版客户端，进入编辑器使用界面，界面右上角会提示当前客户端的运行版本和运行模式，如图 1-17 所示。

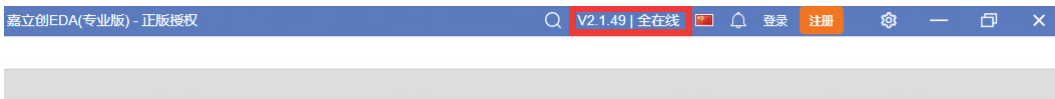


图 1-17 客户端的运行版本和运行模式

单击“设置”，打开客户端设置对话框，嘉立创 EDA 专业版支持全在线、半离线和全离线三种运行模式，如图 1-18 和图 1-19 所示。

图 1-18 客户端设置

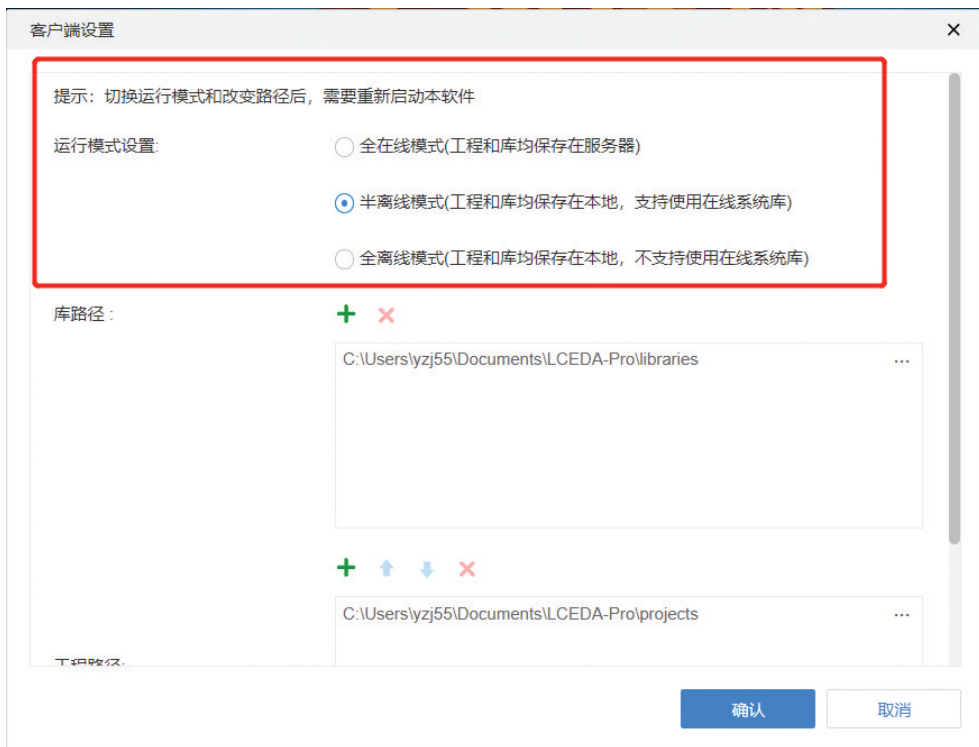


图 1-19 运行模式设置

其中,全在线模式和在浏览器上运行嘉立创 EDA 专业版编辑器一样,需要登录账号使用,在登录账号下所创建的工程会保存在云端服务器上,只要有网络和电脑,可随时随地打开浏览器或登录全在线模式进行设计。在半离线模式下,所创建的工程文件保存在本地,只有本地电脑可以访问,同时,可使用在线元件库方便设计。全离线模式下,所有的操作都在本地进行,无须联网。用户可以根据自己的使用需求选择相应的运行模式。

(二) 主页简介

1. “快速开始”选项框

嘉立创 EDA 专业版“快速开始”选项框中,可快速操作部分常用选项,如“打开工程”“新建工程”等,如图 1-20 所示。



图 1-20 “快速开始”选项框

嘉立创 EDA 专业版支持多种文件格式的转换，可将嘉立创 EDA 标准版、AD、KiCad、Cadence 等文件转化为嘉立创 EDA 专业版的文件。在导入其他版本的文件时一定要仔细阅读提示信息，确认文件无误后再选择导入。

在“更多”选项栏中可快速进入嘉立创旗下网站，如开源平台、立创商城等。

2. 主菜单栏

主菜单栏清晰简洁，分组明确，在图标上放置鼠标可显示该图标对应的菜单名称，如图 1-21 所示。各菜单名称及功能见表 1-1。



图 1-21 客户端主菜单栏

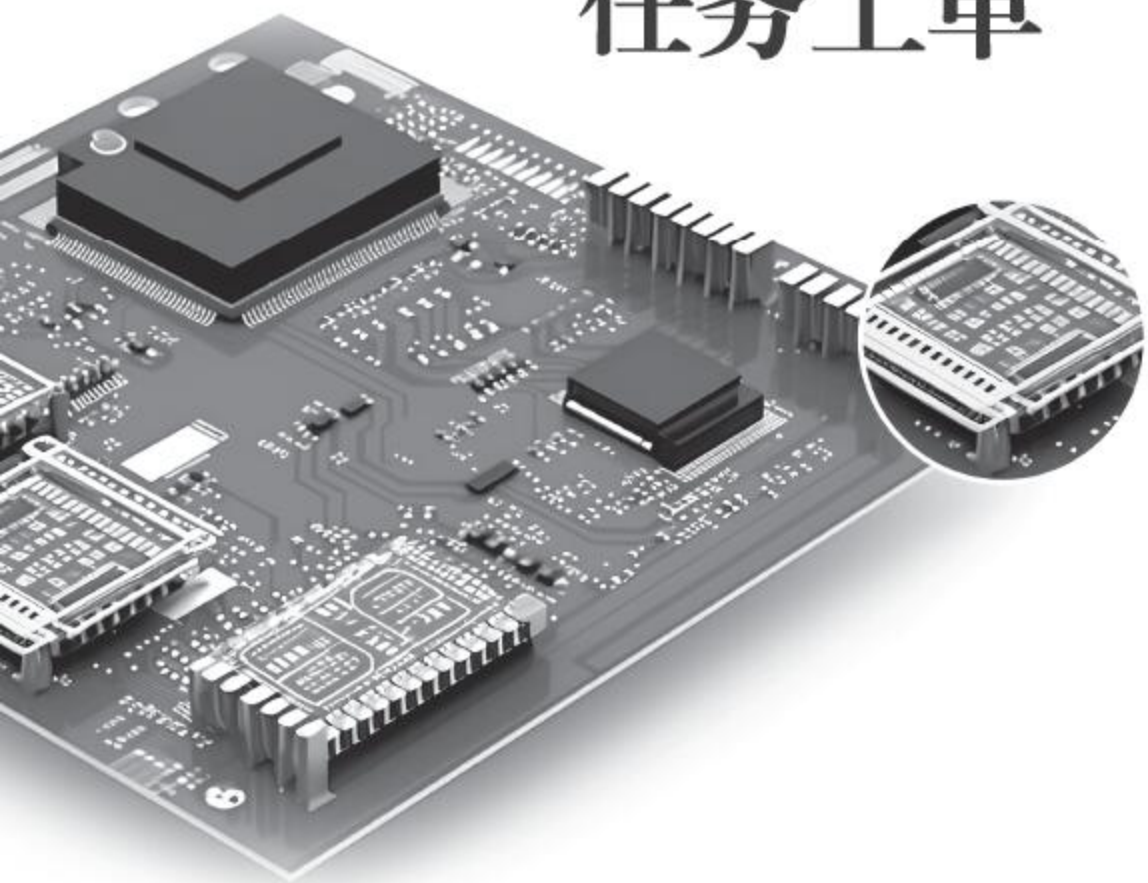
表 1-1 各菜单名称及功能

名称	功能
文件	可进行新建工程、元件及导入工程等操作
视图	改变当前显示效果，切换全屏显示/非全屏显示
下单	完成设计后，PCB 快速下单、元件购买和 3D 外壳下单
设置	设置和查看专业版客户端的一系列操作，如常用快捷键设置等
帮助	客户端操作教程，帮助客户学习使用专业版客户端

印制电路板

设计教程

任务工单



目录

CONTENTS

项目一 绪 论	(1)
任务一 认识印制电路板	(1)
任务二 认识嘉立创 EDA 专业版	(5)
任务三 专业版的特色功能	(8)
项目二 印制电路原理图设计	(15)
任务一 USB 集线器原理图设计	(15)
任务二 电子校徽原理图设计	(21)
任务三 电子琴原理图设计	(27)
项目三 原理图库元件设计	(35)
任务一 原理图库元件调用与修改	(35)
任务二 原理图库元件新建与绘制	(42)
项目四 PCB 封装库元件设计	(51)
任务一 PCB 封装库元件修改与调用	(51)
任务二 PCB 封装库元件新建与绘制	(57)
项目五 印制电路板 PCB 设计	(62)
任务一 USB 集线器 PCB 设计	(62)
任务二 电子校徽 PCB 设计	(68)
任务三 单片机电子琴 PCB 设计	(76)

项目一 绪论

任务一 认识印制电路板

一、任务描述

印制电路板是电子设备的核心，可以是任何形状和尺寸，具体取决于电子设备的应用。电子琴 PCB 如图 1-1 所示，电子校徽 PCB 如图 1-2 所示。今天，我们就来认识一下印制电路板吧。

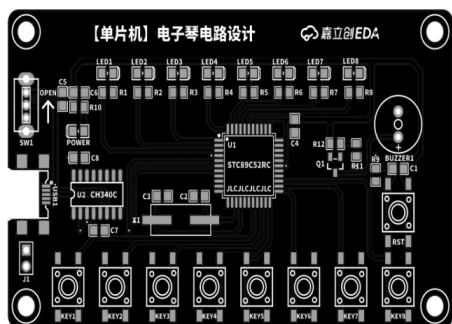


图 1-1 电子琴 PCB

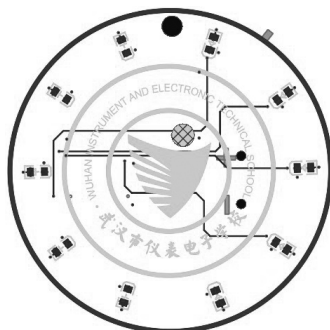


图 1-2 电子校徽 PCB

二、课前导学

1. 印制电路板又称_____，是电子元器件电气连接的_____。
2. 采用电路板的主要优点是_____，提高了_____。
3. 印制电路板按照电路板层数可分为_____、_____、_____、_____以及_____电路板。
4. 请圈出图 1-1 中的通孔。
5. 为什么要用到通孔？
6. 迷你蓝牙功放 PCB 如图 1-3 所示，请同学们查一查，多层板与单面板、双面板最大的不同是什么？



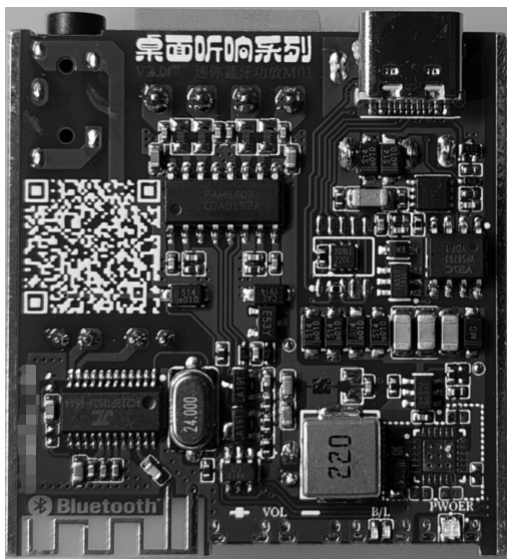


图 1-3 迷你蓝牙功放 PCB

参考答案

1. 印制电路板又称 PCB 线路板，是电子元器件电气连接提供者。
2. 采用电路板的主要优点是大大减少了布线和装配的差错，提高了自动化水平和劳动生产率。
3. 印制电路板按照电路板层数可分为单面板、双面板、四层板、六层板以及其他多层电路板。
4. 略。
5. 双面板或多层板的两面或多面都有布线，要用到其他面的导线，必须要在两面板或几面之间有适当的电路连接，因此需要用到通孔。
6. 多层板与单面板、双面板最大的不同是增加了内部电源层(保持内电层)和接地层，电源和地线网络主要在电源层上布线。但是，多层板布线以顶层和底层为主，以中间布线层为辅。

信息资讯

概述印制电路板设计的干扰因素

在信息化技术不断发展的今天，电子产品的功能、种类、构造等都越发复杂，促使 PCB 设计逐渐多层次化和高密度化，PCB 设计里的电磁兼容性问题也备受重视与关注。电磁兼容性(EMC)设计不仅能确保 PCB 板上所有电路均正常、稳定工作，不相互干扰，还能有效降低 PCB 对外的辐射发射以及传导发射，确保 PCB 电路不受外部辐射与传导干扰。故研究基于 PCB 设计的电磁兼容性十分重要。



1. PCB 干扰种类

PCB 干扰主要有三种，一是布局类干扰，通常是 PCB 板上元件放置位置不合适产生的干扰；二是板层类干扰，通常是由于不科学设置造成的噪声干扰；三是走线类干扰，通常是 PCB 信号线、电源线以及地线的线距离或是线宽度设置不合理或是 PCB 布线方法不当等造成的干扰。就 PCB 干扰类型来说，可分别采取布局规则、分层对策、走线规则抑制措施，削弱甚至是消除 PCB 设计受干扰的影响，确保符合电磁兼容性设计标准。

2. PCB 干扰种类的对应抑制对策

(1) 布局类干扰的抑制对策

要抑制布局类干扰必须确保 PCB 布局合理，PCB 布局应遵循以下六点：一是根据信号流通位置合理设置每个功能模块的电路位置，尽量确保方向一致；二是布局中心锁定为模块电路的核心元件，尽可能缩减各个元器件间尤其是高频器件之间的引线；三是集成热敏元件、芯片等的时候必须远离发热元件；四是结合 PCB 板上元器件的位置确定连接器位置，尽量将连接器放置在 PCB 板一侧，防止电缆从两侧引出，降低共模电流辐射；五是 I/O 驱动器要和连接器紧紧靠在一起，防止板上 I/O 信号长距离走线；六是如若是敏感元器件则不能靠太近，输出和输入元件要远离。

(2) 板层类干扰的抑制对策

首先，应掌握电路板设计信息，综合考虑信号线密集程度、电源和地种类等因素，以此确定保障电路功能需要的电源和布线层数。分层对策的好坏对接地层或是电源层的瞬态电压以及电源与信号的电磁场屏蔽有重要影响。根据实践经验给出总分层对策，接地层和电源层应相邻且两者间距尽量小，信号层要紧挨接地层或是电源层使用一层或多层。在设计单双层板的时候要重点设计电源线与信号线。为缩减电源电流的回路面积，地线和电源线间要紧邻且保持平行。就单层板来说，应在重要信号线两边设置保卫地线，一来缩减信号回路面积，二来避免信号线和与信号线间出现串扰。就双层板来说，也可以设置保卫地线，或是在重要信号线的投影平面上进行大面积铺地。单双层板的制造和装配调试虽然简单方便，但若是如数字电路以及数模混合电路等较复杂的 PCB 是不适合使用的。因为缺乏参考平面，辐射会随着环路面积的增加而增强，平行走线也很难避免。

如若成本足够，建议采用多层板。在设计多层板时要遵循三点：一是如总线、时钟线等辐射强或是敏感度高的重要信号线，布线最好在两地层间或是和地层紧邻的信号层，布线接近地平面便于缩减信号回路面积，减小辐射强度，强化抗干扰能力；二是确保边缘辐射得到有效控制，与相邻地平面相比电源平面需要向内缩减 $5H$ 到 $20H$ (H 为介质厚度)；三是如果底层和顶层有高频信号线，需要把高频信号线走在顶层和地层之间，抑制高频信号线对空间的辐射。

(3) 走线类干扰的抑制措施

PCB 走线需要遵循六点原则：一是输出端和输入端导线要尽可能防止相邻长距离平行，可通过在走线间插地线或是增加线条间距的方式降低平行串扰；二是不能突然改变走



线宽度，如若要拐角，拐弯的地方通常走圆弧或是 135° ；三是载流回路对外辐射随着环路面积、通过电流以及信号频率的增加(减少)而增加(减少)，故应缩减电流流通时的导线环路面积；四是缩短导线长度增加其宽度，便于降低导线阻抗；五是保同层相邻线路间的噪声耦合以及串扰达到最小，需在线间做隔离处理，确保布线分离；六是设置分流隔离关键信号，设置保护路线保护关键信号。此外，信号线、电源线和地线走线的时候，不仅要遵循走线准则，还要结合自身特点和功能实施布线。

①公共地线尽可能在 PCB 板边缘布置，最好呈网状或是环状；接地线要尽可能粗，地线要多使用铜箔，强化屏蔽效果；模拟地要和数字地分离，模拟地理的低频地要多使用单点开联，具体布线有问题时可以考虑部分串联然后再并联，高频地最好使用多点串联。

②尽可能增加电源线宽度，削弱环路电阻，确保地线和电源线走向同数据传递走向保持一致。如若是多层 PCB，要缩减电源线到地层或是电源层的长度。尽量让电源给各个功能单元单独供电，由公共电源供电的电路尽量做到彼此接近和互相兼容。

③信号线尽可能短，确保削弱干扰信号耦合路径。应先布置时钟信号线和敏感信号线，接着布置高速信号线，最后再布置非重要信号线。如若信号线之间不相容，就应做隔离处理，防止形成耦合干扰。关键信号线走线时不能跨越分隔区，即便是焊盘和过孔造成的参考平面间隙也不行，不然会增加信号回路面积。同时，为抑制边缘辐射，关键信号线距离参考平面边沿的距离不能小于 $3H$ (H 表示关键信号线距离参考平面的高度)。敏感及强辐射信号线应距离接口外出信号线较远，防止信号线之间形成耦合干扰，减少系统误操作以及向外辐射。差分信号线长度要一样，处于同一层，并行走线，确保阻抗一样，线之间不存在其他走线，保证共模阻抗一样，强化其抗干扰性能。

3. 结语

综上所述，结合电磁兼容预测分析得出的结论，对于不同种类的干扰应采取相应的技术措施进行抑制，才能有效提升 PCB 的设计质量和水平。刚开始设计产品的时候就使用仿真软件对 PCB 实施电磁兼容预测分析，基本上能分析出 PCB 设计的电磁兼容性能，便于后续 PCB 设计的科学分层、适当布局以及合理走线。总之，基于 PCB 的电磁兼容性设计是一项技术性和实践性都很强的工作，在具体设计时必须综合考虑性能指标要求、功能模块分布等多方面因素，同时做好预测分析和相应抑制对策，这样才能有效保障设计质量。

(资料来源：百度文库)



任务二 认识嘉立创 EDA 专业版

一、任务描述

想要将各种有趣的电子产品呈现出来，我们需要熟练地运用 PCB 设计工具。市面上的 PCB 设计工具有很多，我们可以选择一款适合中国宝宝体质的 PCB 设计工具——嘉立创 EDA 专业版(见图 1-4)。



图 1-4 嘉立创 EDA 专业版

二、课前导学

1. 打开嘉立创 EDA 专业版的方式有_____和_____两种。
2. 打开嘉立创 EDA 专业版客户端后，要进行_____和_____两个操作。
3. 圈出图 1-4 中当前客户端的运行版本。
4. 嘉立创 EDA 专业版支持_____、_____和_____三种运行模式。



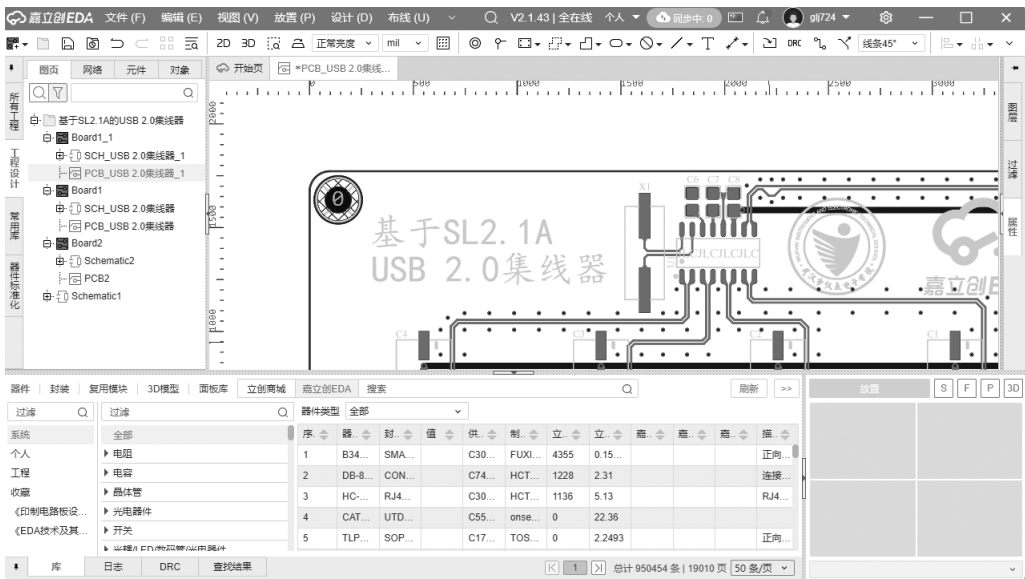


图 1-5 嘉立创 EDA 专业版运行界面 1

5. 在图 1-6 中圈出嘉立创 EDA 专业版“快速开始”选项框中的“新建工程”“打开工程”，在“更多”选项框中圈出“立创商城”和“开源平台”。



图 1-6 嘉立创 EDA 专业版运行界面 2

6. 嘉立创 EDA 专业版支持多种文件格式的转换，可将_____、_____、_____等文件转化为嘉立创 EDA 专业版的文件。



三、任务实施

请同学们对照教材，分别用浏览器和客户端两种方式登录嘉立创 EDA 专业版。

参考答案

1. 嘉立创 EDA 专业版可以通过浏览器和客户端两种方法打开。
2. 打开嘉立创 EDA 专业版客户端后，还要进行客户端下载安装和客户端激活两个步骤。
3. 略。
4. 嘉立创 EDA 专业版支持全在线、半离线和全离线三种运行模式。
5. 嘉立创 EDA 专业版“快速开始”选项框中，可快速操作部分常用选项，如打开工程、新建工程等。在“更多”选项栏中可快速进入嘉立创旗下网站，如开源平台、立创商城等。
6. 嘉立创 EDA 专业版支持多种文件格式的转换，可将嘉立创 EDA 标准版、AD、KiCad、Cadence 等文件转化为嘉立创 EDA 专业版的文件。

信息资讯

立创 EDA 的横空出世 打破国外技术垄断

在电子线路设计领域，EDA 技术正在发挥越来越重要的作用，它能够为电路设计提供更为高效的参数优选方案，大大降低了设计的时间成本和出错率。

立创 EDA 的横空出世

EDA 是电子设计自动化(Electronics Design Automation)的缩写，从计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助测试(CAT)和计算机辅助工程(CAE)的概念发展而来。通过 EDA 软件，设计者可以用硬件描述语言 Verilog HDL 完成电路设计，然后由计算机自动地完成逻辑编译、化简、分割、优化、布线和仿真等，直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射等工作。

EDA 技术的出现，极大地提高了电路设计的效率和可操作性，成为电子设计领域的一场革命。

2017 年 3 月，国内领先的电子元器件自营电商立创商城，在打造产业链进程中做出重大举措，并购国内唯一具有知识产权的在线电路板设计软件 EasyEDA，在原有的产业链基础上，补足了设计这一环节。

中国的 PCB 产业很发达，但是制作 PCB 的软件一直被国外所垄断，EasyEDA 的出现打破了这一现象。并入立创商城后，EasyEDA 把客户群体的重心转移到国内。为更多地融入中国的设计规范，提高用户设计效率，EasyEDA 的原班人马开发并上线了国内版



LCEDA，打造出一个具有中国特色的 EDA 软件。

立创 EDA(LCEDA)主要服务于广大电子工程师、教育者、学生、制造商和电子爱好者，立创 EDA 承诺对国内用户永久免费。

简单好用才是王道

作为一款基于浏览器的 EDA 设计工具，立创 EDA 的突出特点是友好易用。

首先，用户无须安装任何软件或插件，只需在任何支持 HTML5、标准兼容的 web 浏览器打开立创 EDA 网页(LCEDA)，即可开始设计。

其次，云端技术的应用让立创 EDA 区别于传统设计方式，让设计者不再局限于一台电脑，能够随时随地进行跨系统的团队协作。在一个设计团队中的不同成员，通过立创 EDA 可以在不同的设备、系统和地点实现设计的实时共享。设计的开源共享，使得广大用户可以找到很多想要的库文件，而不用耗费时间从头创建，有助于用户共同学习提高。

(资料来源：百度文库)

任务三 专业版的特色功能

一、任务描述

嘉立创 EDA 专业版特色功能如图 1-7 所示。为什么选用嘉立创 EDA 专业版？它有哪些优点和特色？



图 1-7 嘉立创 EDA 专业版特色功能

二、课前导学

1. 专业版能支持设计_____电路，且操作更为_____，_____。
2. 专业版的_____和_____更加完善，用户不仅可利用_____和_____



_____的方式调用海量在线库，还可以_____。它还支持复用图块，可以让_____。

3. 嘉立创 EDA 专业版支持_____功能、_____功能和_____功能。

三、任务实施

如果能熟练使用嘉立创 EDA 专业版，可以做什么呢？你是不是也有这样的疑问？我们一起来看看这位 2022 年度开源达人 mondraker 的作品(见图 1-8~图 1-10)吧。

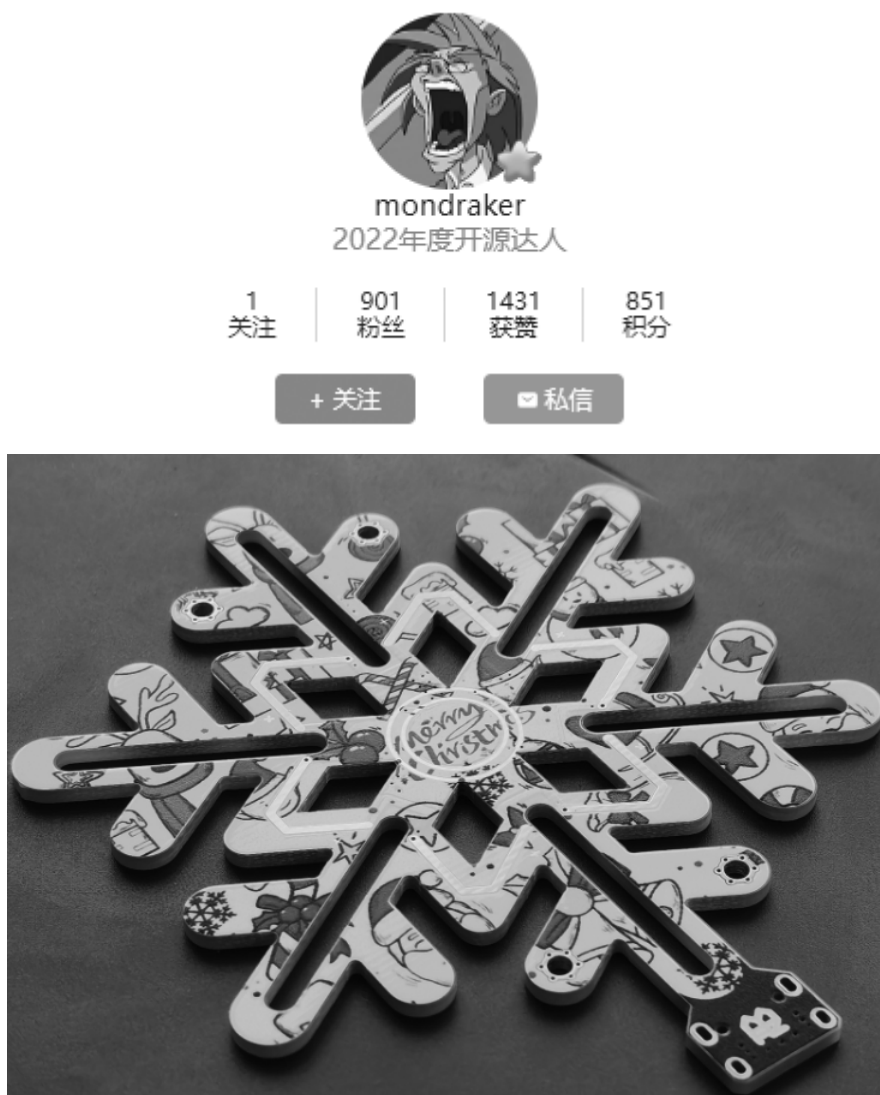


图 1-8 彩色丝印触摸无极调光雪花灯 PCB 空板





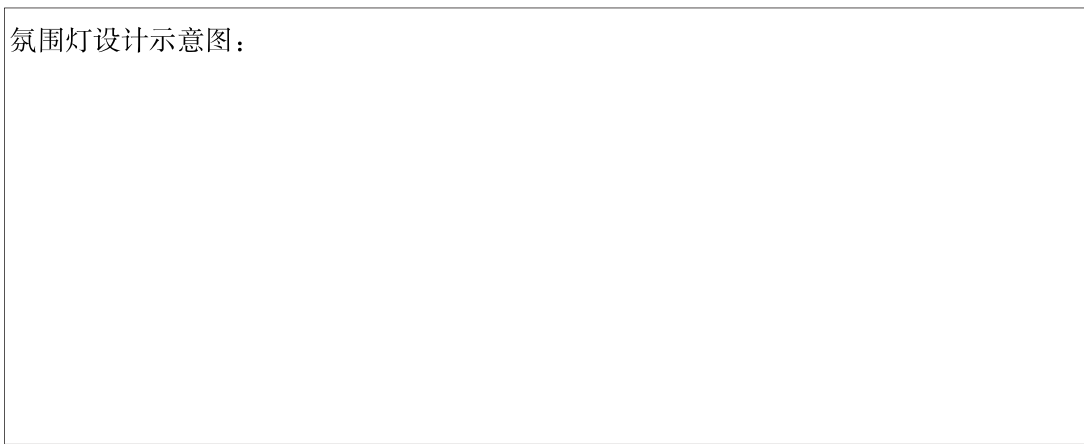
图 1-9 彩色丝印触摸无极调光雪花灯焊接成品及外壳



图 1-10 彩色丝印触摸无极调光雪花灯成品效果图

怎么样，是不是有眼前一亮的感觉？大家的手指是不是不由自主地想要拿起笔画出自己的设计图了？下面就请同学们初步设计一个氛围灯，并涂上自己喜欢的颜色，在这门课程学完之后作为一个小礼物送给自己吧！

氛围灯设计示意图：





参考答案

1. 专业版能支持设计非常复杂的高速电路，且操作更为流畅，不卡顿。
2. 专业版的库元件搜索和放置功能更加完善，用户不仅可利用放置器件列表和底部元件库列表的方式调用海量在线库，还可以设置自定义个人常用库。它还支持复用图块，可以让复杂的原理图更加清晰和直接。
3. 嘉立创 EDA 专业版支持 3D 外壳设计功能、面板设计功能和彩色丝印功能。

信息资讯

何时以及如何检测印制电路板

及时检测印制电路板，即对印制电路板装配工作实时分析结果和及时纠正差错，可以避免产生废品，改善质量和降低损耗。但印制电路板的装配需要许多连续的操作。您不禁要问：“在哪个生产环节进行检测最有利？每个步骤采用何种检测技术最好？”

典型的印制电路板装配工作始于一块裸板，然后上焊剂和安置元器件进行红外线软熔焊接，也可能手工焊些附加的元器件，具体的操作顺序可随产品性能而变更。

检测的重点如下：

裸板：确保没有短路和开路之处，互连线应具有适当的电流承受能力，保证金属化孔的完整性。

焊剂：焊剂量要适当，不宜太多，要共面、均匀、位置正确。

元器件布局：每个元器件应定位准确、排列整齐。

焊接质量：焊点的电气和机械性能应良好，没有漏焊或虚焊。

虽然同一个设备可以用来完成若干不同类型的检测任务，但对于一个特定的检测任务，往往还需相应的特殊技术。

X 射线及涡流

在多层电路板的生产过程中，敷铜的厚度必须符合规范，层与层之间的定位必须准确。定向的 X 射线设备如 FeinFocus 公司的 FXS-100.82 以及 optek 公司的透视系统能够提供多层电路板内部各层的布局以及扭曲和压缩等情况，从而确保没有定位方面的错误。

optek 公司负责销售与市场的副总裁罗杰·布赖恩先生说：“例如，HP 公司在科罗拉多州拉夫兰的设备使用了实时可编程 CAD 控制，自动 X 射线系统检测多层电路板层与层之间的定位情况，这个过程快捷和富有特色，能及时分析各种参数，它不仅使得最优化的叠层后钻孔变得容易，而且在叠层前直接改善了生产控制过程。”

保证足够低的阻抗和避免过多的热消耗的关键在于内部连线铜的重量是否合理。在蚀刻前后可以用 MRX 系统和 CMI 设备来完成对敷铜板厚度的测量，这种设备将涡流和微电阻技术相结合，提供了材料厚度的直接读数。



虽然完成印制电路板装配的公司希望一开始就完成裸板定位和含铜量的检测，但通孔镀层的完整性通常是在后续的检测中加以验证的。CMI 公司的 PTX 探头用于完成这个任务。它和 MRX 系统的微电阻原理相同，也工作于同样的涡流。不论板的厚度如何，它都可以将通孔镀层厚度以 3 位 LCD 准确显示。

光束和影像

正确的元器件布局 and 上焊料的位置是很容易由二维图像检查的，可以直接得出结论，也可借助电视摄像机、扫描器或帧接收器进行自动图像分析跟踪后得出结论。可是在三维中要充分评价焊剂质量以及测量其分量，往往需要大量的信息。通常用来获得三维信息的方法，包括从变化的各个方向照亮物体、测量阴影、分析反射以及三角测量。光源可采用特制的灯或激光束，接收器采用光电管或电视摄像机。

元器件和焊料的检查可以组合采用二维电视成像分析和三维激光厚度测量完成，也可单独采用三维激光成像完成。无论哪一种情况，数据的采集和处理都应快速完成，因为即使是不必要的，通常还是要检查所有的焊盘、引线和接头。

Machine Vision Products 公司的总工程师汤姆·特罗佐先生说：“摄像机在一个画面上可捕捉到许多特征，而画面可以 50 次/s、100 次/s，甚至 200 次/s 的速率被捕捉下来。一幅画面的特征，可由通用计算机并行操作，高速处理。价格不太昂贵的设备，每秒扫描 20~30 平方英寸，可检查 400 个焊点或接头。电视系统的可重复性在 0.5 mil 范围内，错误检出率超过 99，错误报告在 50 到 500 ppm 范围内，它取决于处理的稳定性以及是否检查焊接接头或者更普通的特征，如预焊元件的安置。”

高速三维激光扫描仪可以以每秒一平方英寸到几平方英寸的速度覆盖一块电路板。激光扫描技术通常的速度为 30 pads/s(QFP)到 200 pads/s(BGA)。若采用全景系统，存在一个检查速度、分辨率和准确度之间折中的问题。因而，在检查期间，系统能改变分辨率，仅以高分辨率提高关键区域的测量精度，而以低分辨率高速度覆盖电路板的剩余部分。通常，三维激光系统能在生产线的生产周期中完整地检查一块印制电路板。

关于激光和影像技术的优缺点，特罗佐先生指出：“垂直轴的观察能观察弯曲板且能辨别高元件间低矮的元件。激光技术能提供高精度的评估，但每次采样仅能捕获很小范围内的信息且测量精度受电路板弯曲度的影响。”

对大量或高速的生产操作来说，自动检查是必不可少的，但不要忽视人工检查。一些军用的和国家宇航局的合同就要求这样做。其实，利用简易影像系统或光学显微镜比用自动系统成本要低得多。

光学系统也能提供非常高的分辨率，例如，密特朗(Metron)三维扫描仪在放大 4 倍时，分辨率为 57 线/mm；放大 10 倍时，分辨率为 141 线/mm。在这种场合，高智能的传感器——人眼和人脑也能发挥一些优势。Metron Optics 公司的总裁保罗·肯普特先生认为：“在检查高密度板时人工操作是特别有效的。因为人类从小看的就是完整的物体，而机器看的只是线条，对人类来说，边缘检查也不成问题。”



Metron 对高密度印制电路板提供了电路板比较器，它为正确的母板和生产的新板提供镜像比较，在一个高分辨率屏幕上显示活动图像且可放大 4 倍、7 倍或 11 倍观察。光学母板可代替实际的 PCB 母板作为标准样板。对大量不同的电路板，特别是对根据合同装配生产的电路板来说，为每个设计都存储一块母板是不太现实的，而双面光学母板易于制作且易于存储于很小的空间之中。

用于焊接质量检查的 X 射线

在各种类型的视觉系统中短路通常易被发现，但虚焊或漏焊，如在 BGA 情况下就不一定能被发现了。这时，必须依靠能穿透物体和发现隐患的 X 射线技术。三种形式的 X 射线器具被用于 PCB 检查：点源 X 射线及由图像增强器或电影构成的探测器平面，一个大型 X 射线扫描源及按反转几何 X 射线技术安置的点探测器，用于 X 射线分层法的旋转装置。

点源 X 射线器具如今常用于医疗和工程分析中，尽管它有一个向下的侧面，但难于解释在 X、Y 平面互相重叠，在 Z 轴方向处于不同位置的物体的图像，如双面 PCB 上的元件。同时，因为立体的信息通常借助于从灰度标度推断得出，故也是难以快速得到的。

可是，点源 X 射线器具在许多普通的 PCB 检查中是非常有用的，有些系统如 Glenbrook 技术公司的 RTX Mini 系统，由于小而轻，所以很容易从一条生产线拿到另一条生产线使用。

要增强一些具有并发的影像检查设备的 X 射线系统的使用价值和应用潜能，Glenbrook Dual—VU 系统可以使得一块 PCB 表面的图像被放大 15 倍后显示于一个监控器上，而同一区域的 X 射线图形显示于第二个监控器上。

X 射线分层法

当上述许多技术和系统应用于特殊的检验任务时，没有必要包括所有的评估整个装配过程质量所需的功能。HP 的顾问史蒂夫·鲁克斯先生说：“自动化的激光三角测量系统能在安置元件前有效地检查焊剂镀层的情况，但它不能检查焊剂粘合的质量。”同样，自动化的光学检验系统能理想地识别丢失和弄错的元件，但由于尾部焊接时可靠性的关键在它们视线之外，故它们不能恰当地确定小间距的 QFP 焊接的质量。

X 射线分层法能够在 Z 平面的任意高度用截面的 X 射线图像分离和测量关键的焊接接缝的特征。鲁克斯先生说，分析由 X 射线分层法系统如 HP 的 4pi5DX 系统得到的焊接接缝的测量结果，就能描述和改善整个装配过程的每一步。例如，对于穿过单层 PCB 的焊接接头或多层 PCB 中的焊接接头，偏离平均焊料厚度或体积偏差的大小直接反映了粘贴一一印制过程中出现错误的来源以及程度。类似地，管脚到焊盘偏移的变化提供了元件安置过程的信息，尾部焊点形状的变化提供了热熔焊接过程中的数据。

故障检测和避免

在生产流程中选择最有利的检测阶段前，首先应考虑两个问题：

1. 如果不加以适当的监测，哪一个环节最可能失控？





2. 考虑到节约返工的花费，避免碎屑，顾客满意，潜在责任的限制等诸多因素，哪一种检测方法在检测设备和劳动花费上能提供最高的回报？

第一个问题通常通过观察和经验就可以解答，而第二个问题需要经过细致的分析才能解答。必须在每一个处理步骤后评价诊断能力以检查故障和减少返工，必须评价检测设备能识别故障并提供实时反馈的程度，同时进行的性能价格计算将显示出在目标的哪一个步骤检测设备将提供最好的回报。不管选择的设备和生产步骤如何，找出有缺陷的焊点或器件的准确位置，对于减小重复劳动是很必要的。此外，如果板上有缺陷的位置能够曲线化表示，则可以减少一半修理时间。鲁克斯先生解释说：“有了图示化系统就不需在板上贴上修理单，且很容易收集缺陷和修理数据，从而改进处理控制。”因为人们总是希望能预防缺陷的发生而不希望缺陷产生后去修复它，因而获得零缺陷检测的能力就是最重要的目的。当建立的保护有助于完成控制时，用近似实时的方式监视处理结果，分析偏差并且及时发出警告。

(资料来源：百度文库)

