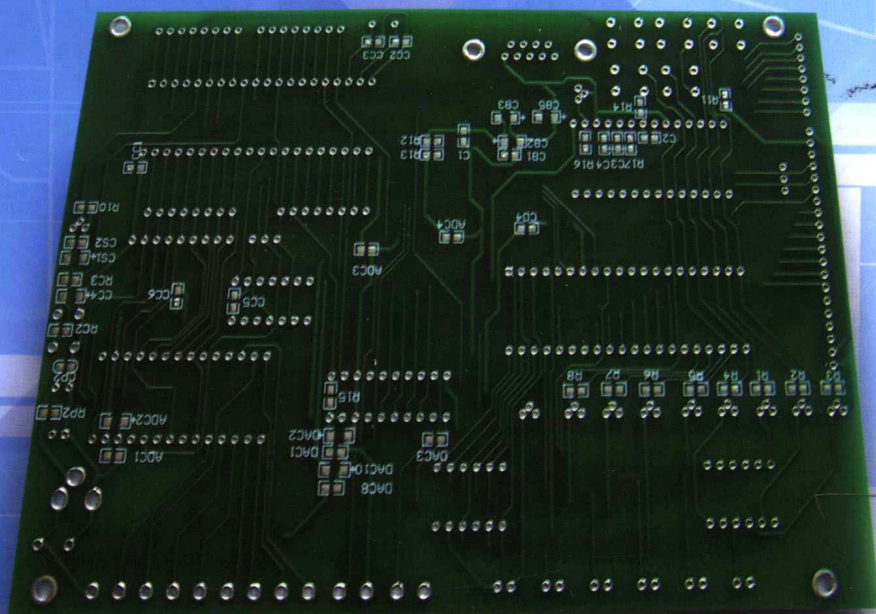


全国信息技术人才培养工程指定培训教材  
硬件工程师职业教育系列教程

信息产业部电子教育与考试中心 组编  
许晓平 孙晓彦 程传胜 主编



# PCB 设计标准教程

PCB SHEJI BIAOZHUN JIAOCHENG



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

PCB 设计标准教程  
PCB DESIGN STANDARDS TUTORIAL

PCB 设计标准教程  
PCB DESIGN STANDARDS TUTORIAL



# PCB 设计标准教程

PCB DESIGN STANDARDS TUTORIAL

PCB 设计标准教程  
PCB DESIGN STANDARDS TUTORIAL

TN410.2/133

2008

全国信息技术人才培养工程指定培训教材  
硬件工程师职业教育系列教程

# PCB 设计标准教程

信息产业部电子教育与考试中心 组编

许晓平 孙晓彦 程传胜 主编

北京邮电大学出版社  
·北京·

## 内 容 简 介

本书是“全国信息技术人才培养工程——硬件工程师职业教育项目”的配套教材。

本册针对技术人员和在校学生学习 PCB 设计技术的特点和要求,系统全面地介绍了 PCB 基础知识、PCB 的电磁兼容设计、高速电路设计、Protel 软件的使用以及设计案例。全书共分 3 篇,内容包括 PCB 设计知识介绍、PCB 设计工具的使用和 PCB 设计案例的分析。

本教程强调基本概念和实际应用相结合,注重基础理论和实际操作练习,可以作为 PCB 设计初学人员和在校学生的基础教材,也可以作为 PCB 设计人员的参考书和自学资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

PCB 设计标准教程/许晓平,孙晓彦,程传胜主编.—北京:北京邮电大学出版社,2008.3  
ISBN 978-7-5635-1626-1

I. P… II. ①许…②孙…③程… III. 印刷电路—电磁兼容性—计算机辅助设计—技术培训—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 016922 号

---

书 名: PCB 设计标准教程  
组 编: 信息产业部电子教育与考试中心  
主 编: 许晓平 孙晓彦 程传胜  
责任编辑: 张珊珊  
出版发行: 北京邮电大学出版社  
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)  
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578  
E-mail: publish@bupt.edu.cn  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京源海印刷有限责任公司  
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张: 13.75  
字 数: 321 千字  
印 数: 1—5 000 册  
版 次: 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-5635-1626-1

定 价: 28.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

## 序 言

当今世界,随着信息技术在经济社会各领域不断深化的应用,信息技术对生产力以至于人类文明发展的巨大作用越来越明显。党的“十七大”提出要“全面认识工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的新形势新任务”,“发展现代产业体系,大力推进信息化与工业化融合”,明确了信息化的发展趋势,首次鲜明地提出了信息化与工业化融合发展的崭新命题,赋予了我国信息化全新的历史使命。近年来,日新月异的信息技术呈现出新的发展趋势,信息技术与其他技术的结合更加紧密,信息技术应用的深度、广度和专业化程度不断提高。

我国的信息产业作为国民经济的支柱产业正面临着有利的国际、国内形势,电子信息产业的规模总量已进入世界大国行列。但是我们也清楚地认识到,与国际先进水平相比,我们在产业结构、核心技术、管理水平、综合效益、普及程度等方面,还存在较大差距,缺乏创新能力与核心竞争力,“大”而不强。国际国内形势的发展,要求信息产业不仅要做大,而且要做强,要从制造大国向制造强国转变,这是信息产业今后的重点工作。要实现这一转变,人才是基础。机遇难得,人才更难得,要抓住 21 世纪头二十年的重要战略机遇期,加快信息行业发展,关键在于培养和使用好人才资源。《中共中央、国务院关于加强人才工作的决定》指出,人才问题是关系党和国家事业发展的关键问题,人才资源已成为最重要的战略资源,人才在综合国力竞争中越来越具有决定性意义。

为抓住机遇,迎接挑战,实施人才强业战略,信息产业部启动了“全国信息技术人才培养工程”。该项工程旨在通过政府政策引导,充分发挥全行业和社会教育培训资源的作用,建立规范的信息技术教育培训体系、科学的培训课程体系、严谨的信息技术人才评测服务体系,培养造就大批行业急需的、结构合理的高素质信息技术应用型人才,以促进信息产业持续快速协调健康发展。

由各方专家依据信息产业对技术人才素质与能力的需求,在充分吸取国

内外先进信息技术培训课程优点的基础上,信息产业部电子教育与考试中心精心组织编写了信息技术系列培训教材。这些教材注重提升信息技术人才分析问题和解决问题的能力,对各层次信息技术人才的培养工作具有现实的指导意义。我们谨向参与本系列教材规划、组织、编写同志们致以诚挚的感谢,并希望该系列教材在全国信息技术人才培养工作中发挥有益的作用。

**信息产业部电子教育与考试中心**

# 前 言

为开展实用高效的计算机硬件职业教育,打造高素质、实用型复合人才,信息产业部电子教育与考试中心启动了“硬件工程师职业教育项目”。该项目对象为具有一定的计算机硬件基础知识、电子电路基础知识和英语基础,学历为中专或中专以上水平,立志于从事微型计算机硬件产品的销售、维护或维修工作的学生和在职人员。

本册针对设计人员和在校学生学习 PCB 设计技术的特点和要求,系统全面地介绍了 PCB 基础知识、PCB 的电磁兼容设计、高速电路设计、Protel 软件的使用以及设计案例。全书共分 3 篇,主要包括:

- (1) PCB 设计知识介绍,包括 PCB 的电磁兼容设计和高速电路的设计;
- (2) PCB 设计工具的使用,主要是 Protel 99SE 软件的使用,包括原理图设计系统和 PCB 设计系统;
- (3) PCB 设计案例的分析,通过两个实际设计案例的分析和介绍,巩固前述章节的理论内容。

本书内容由浅入深、层次分明,文字以条目形式出现。逻辑上结构清晰、论理确切,便于自学。全书图文并茂,避免了术语晦涩难懂,它可以作为理工科电类专业中、高职专科学生相应课程的基本教材,也可以作为计算机硬件 PCB 设计人员的参考书和自学教材。

本书由许晓平老师组织编写,孙晓彦和程传胜老师也参与了部分章节的编写,并在此特别感谢北京动力时代资讯有限公司在技术上给予的大力支持。

由于编者水平有限,书中难免存在错误及不妥之处,敬请读者提出宝贵意见。

编者

# 目 录

## 第 1 章 PCB 基础知识

1.1 PCB 印刷电路板入门简介 .....	1
1.2 PCB 的设计流程 .....	6
1.3 PCB 设计软件介绍 .....	7

## 第 2 章 PCB 的电磁兼容设计

2.1 电磁干扰的概念 .....	12
2.2 层的设置 .....	15
2.3 模块划分及器件布局 .....	17
2.3.1 模块划分 .....	17
2.3.2 器件布局 .....	18
2.4 滤波 .....	20
2.4.1 滤波器件 .....	21
2.4.2 滤波电路 .....	22
2.4.3 滤波电路的布局与布线 .....	23
2.5 地的分割与汇接 .....	23
2.5.1 接地的含义 .....	23
2.5.2 接地的方式 .....	24
2.5.3 分区设计 .....	24

## 第 3 章 高速 PCB 设计

3.1 高速电路的相关概念 .....	26
3.2 高速电路信号完整性设计 .....	28
3.2.1 常见 SI 信号完整性问题 .....	28
3.2.2 主要的 SI 解决措施 .....	29
3.3 高速电路的布局布线规则 .....	33

## 第 4 章 Protel 99SE 概述

4.1 Protel 和印刷电路板发展概述 .....	35
-----------------------------	----



4.2 Protel 99SE 新特征 .....	37
4.3 电路板的设计流程 .....	38

## 第5章 原理图设计系统

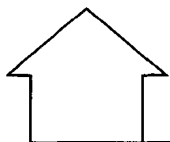
5.1 Protel 99SE 设计管理器 .....	41
5.1.1 Protel 99SE 设计管理器的特性 .....	42
5.1.2 设计数据库文件的管理 .....	43
5.1.3 文档文件的管理 .....	47
5.2 原理图设计简介 .....	54
5.3 原理图设计系统工程参数设置 .....	55
5.3.1 窗口的打开和关闭 .....	55
5.3.2 工具栏的打开和关闭 .....	56
5.3.3 设置图纸参数 .....	58
5.3.4 绘图区域的缩放和排列 .....	64
5.3.5 快捷键的使用 .....	66

## 第6章 电路原理图的绘制

6.1 元件库管理 .....	68
6.1.1 加载元件库 .....	69
6.1.2 浏览元件库 .....	70
6.1.3 查找元件 .....	71
6.2 元件操作 .....	72
6.2.1 放置元件 .....	72
6.2.2 元件的选取和取消选取 .....	73
6.2.3 元件的复制与粘贴 .....	74
6.2.4 元件的删除 .....	75
6.3 原理图绘制工具的使用 .....	76
6.3.1 绘制导线 .....	77
6.3.2 绘制总线和总线接口 .....	77
6.3.3 设置网络标号 .....	77
6.3.4 放置电源和地 .....	78
6.3.5 设置电路方块图及其接口 .....	79
6.3.6 设置电路端口 .....	79
6.3.7 设置电路节点 .....	80
6.3.8 设置忽略 ERC 测试点 .....	80
6.3.9 设置 PCB 布线指示 .....	80
6.4 其他工具栏的使用 .....	81
6.4.1 绘图工具栏 .....	82

6.4.2	电源工具栏	82
6.4.3	数字工具栏	82
6.4.4	仿真工具栏	83
6.4.5	PLD 工具栏	83
<b>第 7 章 原理图元件库制作</b>		
7.1	元件库编辑器环境介绍	84
7.2	绘制元件工具	88
7.2.1	“SchLib Drawing Tools”工具栏	88
7.2.2	“IEEE Tools”工具栏	90
7.3	绘制元件	91
7.3.1	绘制双列直插式元件	91
7.3.2	利用库元件绘制其他元件	96
7.4	生成元件库	99
<b>第 8 章 层次原理图</b>		
8.1	层次图概述	101
8.2	层次原理图的设计	102
<b>第 9 章 报表文件生成和原理图输出</b>		
9.1	报表文件生成	109
9.1.1	网络表的作用	110
9.1.2	由原理图生成网络表	110
9.2	其他报表生成	115
9.2.1	元件列表	115
9.2.2	引脚列表	118
9.3	原理图输出	119
<b>第 10 章 印刷电路板设计系统</b>		
10.1	PCB 设计系统的操作与管理	122
10.1.1	印刷电路板设计流程	123
10.1.2	PCB 文档的管理	124
10.2	常用工具栏的介绍	130
10.3	印刷板工作层的设置	135
<b>第 11 章 印刷电路板布局布线</b>		
11.1	加载网络表	138
11.2	自动布局	142

11.2.1	自动布局参数的设置	142
11.2.2	自动布局	146
11.3	自动布线	149
11.3.1	设置自动布线规则	149
11.3.2	自动布线	156
11.3.3	布线规则检查	158
11.4	报表生成和打印	160
11.4.1	PCB板的3D预览	160
11.4.2	生成电路板信息报表	161
11.4.3	生成网络分析报表	164
<b>第12章 PCB元件封装库制作</b>		
12.1	元件封装概述	165
12.2	利用向导创建元件封装	168
12.3	手动创建元件封装	174
12.4	直接复制其他元件封装	177
12.5	利用PCB文档生成元件封装库	180
<b>第13章 液晶显示器的单片机控制电路设计</b>		
13.1	电路应用	182
13.2	原理图设计	185
13.3	PCB设计	189
<b>第14章 EPS电源的DSP控制电路的设计</b>		
14.1	电路应用背景	193
14.2	原理图设计	195
14.3	PCB设计	200
参考文献		206



# 第 1 章

## PCB基础知识

### 概述

PCB 是英文“Printed Circuit Board”的简称,中文意思为印刷电路板,其制作工艺十分复杂。本章介绍 PCB 电路板的制作工艺、设计流程以及 PCB 设计工具软件,通过这一章的学习,学员可以对 PCB 电路板有一个基本的了解。

### 学习目标

- ✦ 了解 PCB 制作工艺
- ✦ 了解 PCB 设计流程
- ✦ 了解 PCB 设计软件

### 本章重点

- ✦ PCB 设计流程及各步骤的工作

### 本章难点

- ✦ 各 PCB 设计软件的特点及相互间的区别

## 1.1 PCB 印刷电路板入门简介

### 【概述】

本节介绍了 PCB 的概念和 PCB 电路板的制作工艺、流程以及元件的安装方式。

### 【学习目标】

了解 PCB 制作工艺

了解元件安装方式

### 【本节重点】

掌握 PCB 制作流程

### 【本节难点】

PCB 电路板的制作工艺

PCB 是英文“Printed Circuit Board”(印刷电路板)的简称。在绝缘材料上,按预定设计制成印刷线路、印刷元件或两者组合而成的导电图形称为印刷电路。而在绝缘基材上提供元器件之间电气连接的导电图形称为印刷线路。这样就把印刷电路或印刷线路的成品板称为印刷电路板,亦称为印刷板或印刷线路板。

我们能见到的电子设备几乎都离不开 PCB,小到电子手表、计算器、通用电脑,大到计算机、通信电子设备、军用武器系统,只要有集成电路等电子元器件,它们之间的电气互连都要用到 PCB。它提供各种电子元器件固定装配的机械支撑、实现各种电子元器件之间的布线和电气连接或电绝缘,提供电路所要求的电气特性,如特性阻抗等。同时为自动锡焊提供阻焊图形,为元器件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

PCB 是如何制造出来的呢?打开通用电脑的键盘就能看到一张软性薄膜(挠性的绝缘基材),印有银白色(银浆)的导电图形与键位图形。因为通过丝网漏印方法得到这种图形,所以称这种印刷线路板为挠性银浆印刷线路板。而通常在电脑城看到的各种电脑主机板、显卡、网卡、调制解调器、声卡及家用电器上的印刷电路板就不同了,它们所用的基材是由纸基(常用于单面)或玻璃布基(常用于双面及多层),先预浸酚醛或环氧树脂,然后在其表层的一面或两面粘上覆铜箔,再层压固化而成。这种覆铜薄板材的线路板,就称它为刚性板。再制成印刷线路板,就称它为刚性印刷线路板。单面有印刷线路图形的称单面印刷线路板,双面有印刷线路图形,再通过孔的金属化进行双面互连形成的印刷线路板,就称其为双面板。如果用一块双面作内层、二块单面作外层或二块双面作内层、二块单面作外层的印刷线路板,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刷线路板就成为四层、六层印刷线路板了,也称为多层印刷线路板。现在已有超过 100 层的实用印刷线路板了。

PCB 的生产过程较为复杂,它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,有普通的化学反应还有光化学、电化学和热化学等工艺,以及计算机辅助设计 CAM 等多方面的知识。在生产过程中会出现很多工艺问题,而且会经常遇见新的问题且部分问题在没有查清原因的情况下就消失了。由于其生产过程是一种非连续的流水线形式,因此任何一个环节出问题都会造成全线停产或大量报废的后果,印刷电路板如果报废是无法回收再利用的。

为进一步认识 PCB,有必要了解一下常用的单面、双面印刷线路板及普通多层板的制作工艺流程,以加深对它的了解。

单面刚性印刷板制作流程如图 1-1 所示。

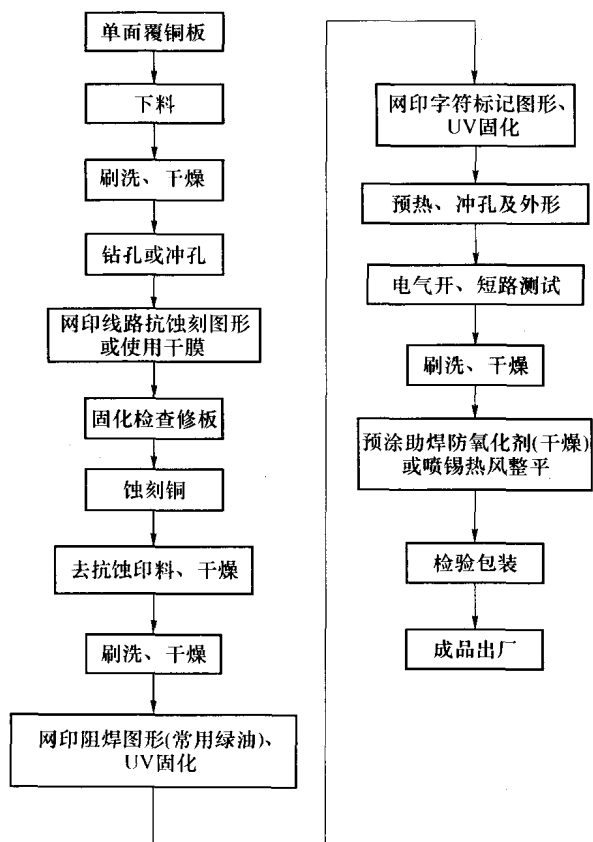


图 1-1 单面刚性印刷板制作流程

双面刚性印刷板制作流程如图 1-2 所示。

贯通孔金属化法制造多层板工艺流程如图 1-3 所示。

从工艺流程图可以看出多层板工艺是从双面孔金属化工艺基础上发展起来的。它除了继承了双面工艺外,还有几个独特工艺:金属化孔内层互连、钻孔与去环氧钻污、定位系统、层压和专用材料。

常见的电脑板卡基本上是环氧树脂玻璃布基双面印刷线路板,其中有一面用来插装元件,另一面为元件脚焊接面,能看出焊点很有规则。这些焊点的元件脚分离焊接面就叫做焊盘。为什么其他铜导线图形不上锡呢?因为除了需要锡焊的焊盘等部分外,其余部分的表面有一层耐波峰焊的阻焊膜。其表面阻焊膜多数为绿色,有少数采用黄色、黑色、蓝色等,所以在 PCB 行业常把阻焊油称为绿油。其作用是防止波焊时产生桥接现象,提高焊接质量和节约焊料等作用。它也是印刷板的永久性保护层,能起到防潮、防腐蚀、防霉和防止机械擦伤等作用。从外观看,表面光滑明亮的绿色阻焊膜为非林对板感光热固

化绿油。不但外观比较好看,更重要的是其焊盘精确度较高,从而提高了焊点的可靠性。

元件的安装有3种方式。一种为传统的插入式安装工艺,将电子元件插入印刷线路板的导通孔里。这样就容易看出双面印刷线路板的导通孔有如下几种:一是单纯的元件插装孔;二是元件插装与双面互连导通孔;三是单纯的双面导通孔;四是基板安装与定位孔。另两种安装方式就是表面安装与芯片直接安装。其实芯片直接安装技术可以认为是表面安装技术的分支,它是将芯片直接粘在印刷板上,再用线焊法或载带法、倒装法、梁式引线法等封装技术互联到印刷板上。其焊接面就在元件面上。

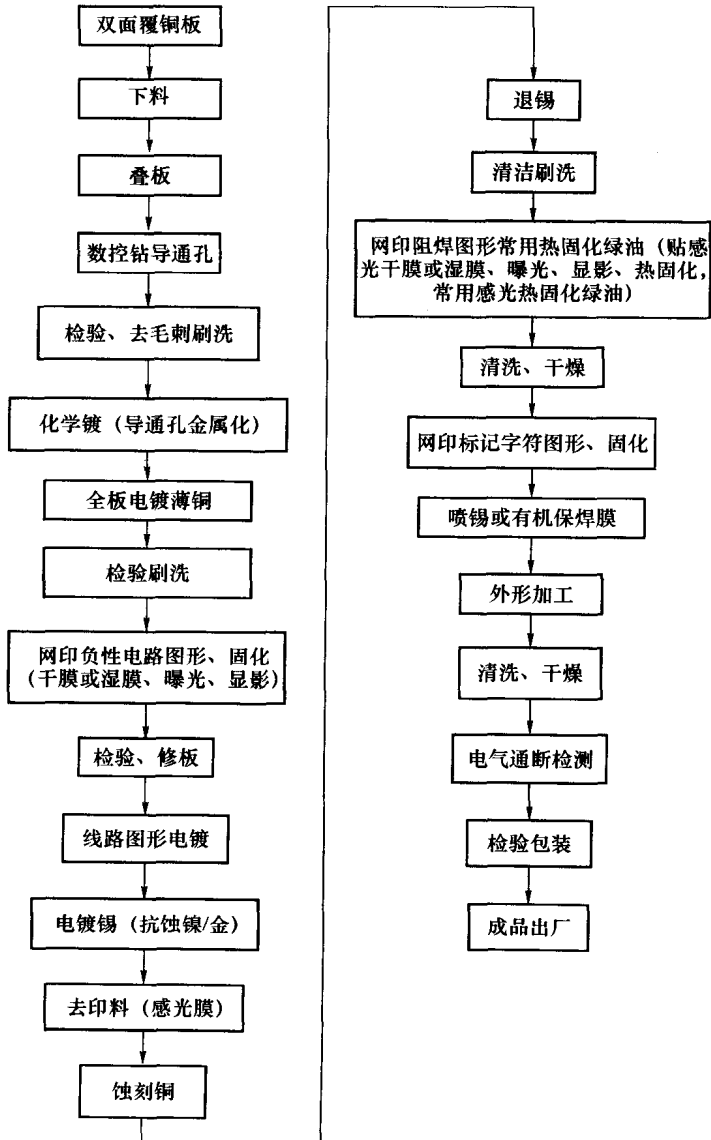


图 1-2 双面刚性印刷板制作流程

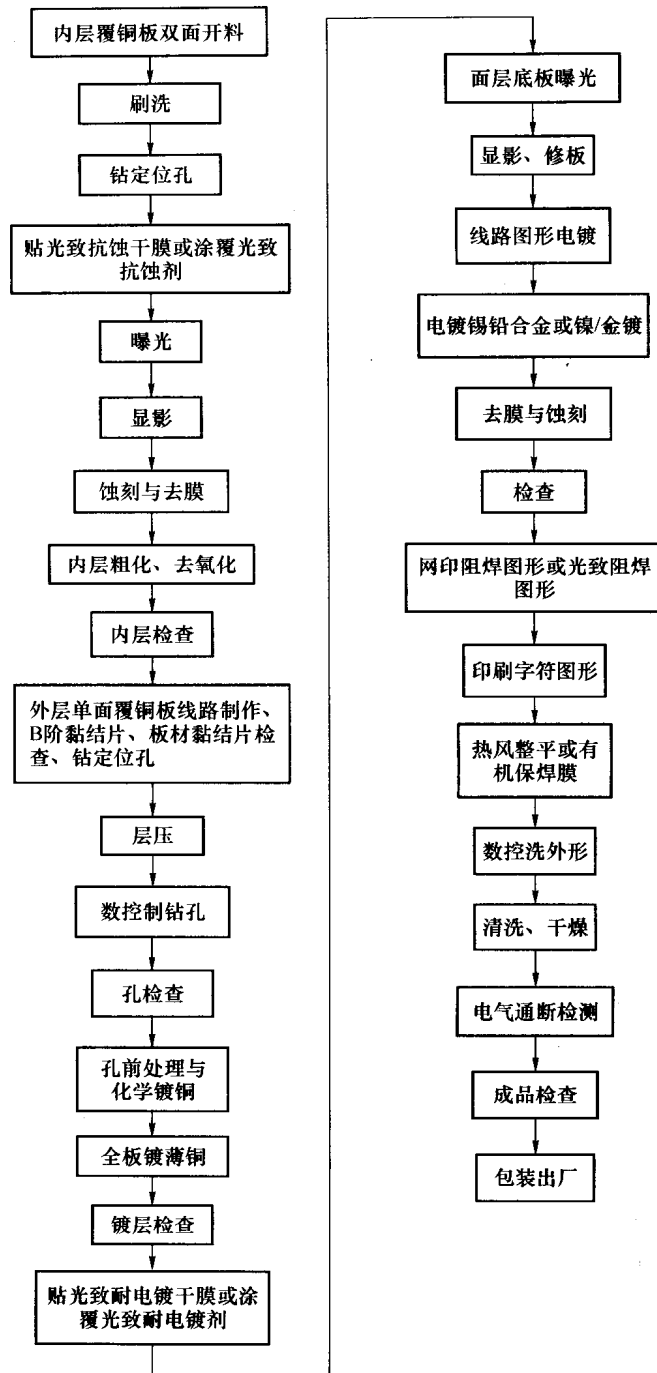


图 1-3 贯通孔金属化法制造多层板工艺流程

表面安装技术有如下优点。

(1) 由于印刷板大量消除了大导通孔或埋孔互联技术,提高了印刷板上的布线密度,减少了印刷板面积(一般为插入式安装的三分之一),同时还可降低印刷板的设计层数与



成本。

(2) 减轻了重量,提高了抗震性能,采用了胶状焊料及新的焊接技术,提高了产品质量和可靠性。

(3) 由于布线密度的提高和引线长度的缩短,减少了寄生电容和寄生电感,更有利于提高印刷板的电参数。

(4) 比插装式安装更容易实现自动化,提高安装速度与劳动生产率,相应降低了组装成本。

从以上的表面安装技术就可以看出,线路板技术是随芯片封装技术与表面安装技术的提高而提高的。现在看到的电脑板卡其表面粘装率都不断地在上升。实际上这种线路板如果再使用传统的网印线路图形就无法满足技术的要求了。所以普通高精度度线路板,其线路图形及阻焊图形基本上采用感光线路与感光绿油制作工艺。

随着线路板高密度的发展趋势,线路板的生产要求越来越高,越来越多的新技术应用于线路板的生产,如激光技术、感光树脂等。

## 1.2 PCB 的设计流程

### 【概述】

本节主要介绍了 PCB 的设计流程和每个步骤所包括的具体工作。

### 【学习目标】

了解 PCB 设计流程

### 【本节重点】

掌握 PCB 设计的各个步骤

### 【本节难点】

PCB 设计流程中各步骤的具体内容

在 PCB 设计中,一般采用双面板或多面板,每一层的功能区分都很明确。在多层结构中零件的封装有两种情况:一种是针式封装,即焊点的导孔是贯穿整个电路板的;另一种是 SMT 封装,其焊点只限于表面层。元器件的跨距是指元器件成形后的端子之间的距离。

PCB 的设计流程如图 1-4 所示。

#### 1. PCB 设计前的准备工作

绘制原理图,然后生成网络表。当然,如果是一个非常简单的电路图,可以直接进行 PCB 的设计。

#### 2. 进入 PCB 设计系统

根据个人习惯设计系统的环境参数,如格点的大小和类型、光标的大小和类型等,一般来说可以采用系统的默认值。

#### 3. 设置电路板的有关参数

对电路板的大小、电路板的层数等进行设置。