

电子设计丛书

基于Altium Designer 的电路板设计

王加祥 曹闹昌 编著 ■
雷洪利 魏 斌

电子设计丛书

基于Altium Designer的电路板设计

王加祥 曹闹昌 雷洪利 魏 斌 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

设计电路板是电子系统设计人员所必须具备的技能。本书是在作者多年教学实践与科研设计的基础上编写的一本关于怎样设计电路板的书籍。书中详细地介绍了电路板设计过程中使用的设计软件、设计原则和设计方法,其中第1章为基础知识,简要介绍了电路板的认知常识、手工制作方法和设计软件;第2~5章介绍了使用 Altium Designer 软件设计原理图元件库、电路原理图、电路板元件库和电路板的方法;第6章介绍了提高电路板抗干扰能力的方法;第7章介绍了电路板设计的基本步骤和规则;附录给出了 Altium Designer 软件常用的快捷键、元件符号和元件封装。

本书可作为高等院校电子类专业学生学习电子系统设计时的入门参考书,同时也可作为其他职业学校或无线电短训班的培训教材,对于电子爱好者也不失为一本较好的自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

基于 Altium Designer 的电路板设计/王加祥,等编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.1
(电子设计丛书)

ISBN 978-7-5606-3555-2

I. ① 基… II. ① 王… III. ① 印刷电路—计算机辅助设计—应用软件 IV. ① TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 010269 号

策 划 戚文艳

责任编辑 王 斌 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 14

字 数 325千字

印 数 1~3000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-3555-2/TN

XDUP 3847001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着电子产品的广泛普及，对电子产品设计感兴趣的人越来越多，想成为电子系统设计人员，入门是必经的过程。许多读者多年来一直徘徊在电子设计的门外，即使最后进入电子设计行业，也走了许多弯路。那怎样设计，怎么入门，有没有好的方法使初学者少走弯路呢？

电子设计入门丛书将引领读者进入电子系统设计的门槛，其中《元器件识别与选用》一书将教会读者认识元器件，掌握元器件的特点、用途；《常用电路分析与应用》一书将教会读者怎样参考别人成熟的设计电路，掌握别人的设计思路，设计出自己的电路系统；《基于 Altium Designer 的电路板设计》一书将教会读者设计出自己需要的电路板，掌握电路板设计的要点；《电路板焊接组装与调试》一书将教会读者怎样焊接自己设计的电路板，调试出电路系统所拥有的性能。通过这四本书的学习，读者将轻松跨过电子系统设计的门槛，不在门外徘徊。

电子系统设计的好坏直接决定了电子产品的生命周期，一个好的产品不仅取决于产品的品牌、外观、价格，还取决于电子系统的可靠性、实用性、易用性。电子系统的可靠性不仅取决于系统的软件，更取决于系统的硬件，系统的硬件除了取决于元器件外，还与电路板设计得是否合理相关。怎样设计出可靠性高、结构合理的电路板，对于缺少电子系统设计经验的学生来说，是一个较难逾越的障碍。即使对一个拥有许多设计经验的老手来说，设计一个对电磁兼容、大电流保护、小信号放大等要求较高的系统，也是一个棘手的问题。

针对这种情况，编者根据多年从事电子系统设计和产品研发的经验，搜集整理大量的资料，编写了本书。本书具有如下特点：

(1) 着重从应用领域角度出发，突出理论联系实际，面向广大工程技术人员，具有很强的工程性和实用性，让读者快速学会电路板的设计方法。

(2) 系统全面地讲述了使用 Altium Designer 软件设计电路板的方法，以工程设计人员使用习惯为章节顺序，从原理图元件库、原理图、电路板元件库、电路板入手，一步一步地讲解，直至设计出完整的电路板。

(3) 配有大量 Altium Designer 软件使用过程中各种参数设置截图，便于读者参考设置。

(4) 在操作讲解过程中，给出了一些实用的建议、注意和技巧，便于读者更好地使用 Altium Designer 软件。

(5) 简要讲解了电路板的抗干扰设计，说明了不同电路在电路板设计时需要注意的事

项，为读者提供有益的借鉴。

(6) 讲解了电路板设计的具体流程，并给出设计过程中需要注意的常见规则，便于读者设计出合格的电路板。

(7) 附录给出了 Altium Designer 软件常用的快捷键、元件符号和元件封装，便于读者快速查阅。

本书共分为七章，其中第 1 章主要介绍电路板的常识、手工制作方法和设计软件；第 2~5 章介绍了使用 Altium Designer 软件设计原理图元件库、电路原理图、电路板元件库和电路板的方法；第 6 章介绍了提高电路板抗干扰能力的基本方法；第 7 章介绍了电路板设计的基本步骤和规则；附录给出了 Altium Designer 软件常用的快捷键、元件符号和元件封装。本书的结构安排主要以工程设计人员使用习惯为线索，由浅入深、由易到难，有助于读者快速地了解 and 掌握电路板的设计步骤、方法。

本书的内容突出了工程性、实用性、全面性，知识全面，内容翔实，案例丰富。由于编者学识水平所限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

由于 Altium Designer 软件的 PCB 工具性能非常强大，不可能通过一本书完成全部内容的详尽介绍，本书只介绍了使用该软件设计简单 PCB 的方法，对于初学者非常实用。

为了便于读者学习，读者可加编者的 QQ 号：2422115609，寻求在线网络辅导答疑，书中的错误更正也将在 QQ 空间中给出。如有其他疑问，亦可发邮件咨询：2422115609@qq.com。

编 者

2014 年 11 月于空军工程大学

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 认识电路板.....	1
1.1.1 单面板.....	1
1.1.2 双面板.....	2
1.1.3 多层电路板.....	3
1.1.4 柔性电路板.....	4
1.1.5 铝材质电路板.....	4
1.1.6 实验板.....	5
1.2 手工电路板制作.....	5
1.2.1 电路板制作的要求.....	5
1.2.2 电路板制作中的几个概念.....	6
1.2.3 电路板的手工制作.....	7
1.3 计算机辅助设计简介.....	8
第 2 章 原理图元件设计.....	9
2.1 元件库的创建.....	9
2.1.1 元件符号库的创建.....	9
2.1.2 元件符号库的保存.....	10
2.2 设计界面和菜单解读.....	11
2.3 创建单个元件.....	13
2.3.1 设置图纸.....	13
2.3.2 新建、重命名和打开一个元件符号.....	14
2.3.3 绘制元件符号边框.....	16
2.3.4 放置引脚.....	18
2.3.5 为元件符号添加模型.....	21
2.4 创建复合封装元件.....	25
2.4.1 分部分绘制元件符号.....	25
2.4.2 示例元件说明.....	25
2.4.3 绘制元件符号的一个部分.....	26
2.4.4 绘制元件符号的另一个部分.....	27
2.4.5 设置元件符号属性.....	28

2.4.6	分部分元件符号在原理图中的使用.....	29
2.5	元件库与电路图之间的交互操作.....	29
2.5.1	从原理图生成元件库.....	29
2.5.2	通过元件库更新原理图.....	31
2.6	元件的检错和报表.....	33
2.6.1	元件符号信息报表.....	33
2.6.2	元件符号错误信息报表.....	34
2.7	元件的管理.....	35
2.7.1	元件符号库中对元件符号的管理.....	35
2.7.2	元件符号库中元件符号放入当前原理图.....	36
第3章	原理图设计.....	37
3.1	原理图设计规范.....	37
3.2	原理图的创建.....	39
3.3	设计界面和菜单解读.....	40
3.3.1	设置图纸参数.....	40
3.3.2	主菜单.....	46
3.3.3	主工具栏.....	48
3.3.4	工作面板.....	49
3.3.5	缩放工作窗口.....	50
3.3.6	视图的刷新.....	51
3.3.7	图纸的栅格设置.....	51
3.4	放置元件.....	52
3.4.1	添加元件库.....	52
3.4.2	搜索元件.....	54
3.4.3	放置元件.....	56
3.4.4	设置元件属性.....	59
3.5	对元件的基本操作.....	64
3.5.1	选择对象.....	64
3.5.2	移动对象.....	66
3.5.3	删除对象.....	67
3.5.4	操作的撤销和恢复.....	67
3.5.5	复制、剪切和粘贴对象.....	68
3.5.6	元件对齐操作.....	70
3.6	绘制电路.....	71
3.6.1	工具栏.....	72
3.6.2	绘制导线.....	73
3.6.3	放置电路节点.....	76
3.6.4	放置电源/接地符号.....	77

3.6.5	放置网络标号	78
3.6.6	绘制总线分支和总线	80
3.6.7	放置忽略 ERC 检查点	83
3.6.8	修改元件序号	83
3.7	创建分级模块	85
3.7.1	放置电路方块图	86
3.7.2	放置方块图 I/O 端口	87
3.7.3	由方块图生成子原理图	89
3.7.4	放置 I/O 端口	90
3.7.5	由原理图生成方块图	91
3.8	生成元件报表	92
3.8.1	产生网络表	93
3.8.2	产生元件列表	93
3.8.3	产生 ERC 表	94
3.8.4	产生层次表	96
3.9	打印原理图	96
3.9.1	设置页面	96
3.9.2	设置打印机	97
3.9.3	打印预览	98
3.9.4	打印输出	98
第 4 章	电路板元件封装设计	99
4.1	新建元件封装库	99
4.2	元件封装库菜单	101
4.3	创建元件封装	103
4.3.1	元件符号与元件封装的关系	103
4.3.2	手工绘制元件封装	103
4.3.3	使用向导创建元件封装	107
4.4	封装库文件与 PCB 文件之间的交互操作	111
4.4.1	从 PCB 文件生成封装库文件	112
4.4.2	通过封装库文件更新 PCB 文件	113
4.5	元件封装报表文件	117
4.5.1	设置元件封装规则检查	117
4.5.2	创建元件封装报表文件	117
4.5.3	元件封装库报表文件	118
第 5 章	电路板设计	120
5.1	元器件在 PCB 上的安装	120
5.1.1	元器件的布局	120

5.1.2	元器件的安装方式.....	122
5.1.3	元器件的排列格式.....	123
5.2	PCB 的组成结构.....	124
5.3	创建 PCB.....	125
5.3.1	创建 PCB 文件.....	125
5.3.2	电路板物理边界规划.....	128
5.3.3	电路板电气边界规划.....	130
5.4	PCB 设计菜单.....	130
5.5	设置设计规则.....	133
5.6	布局.....	143
5.6.1	导入元件.....	143
5.6.2	元件布局.....	146
5.7	布线.....	148
5.7.1	布线的基本原则.....	148
5.7.2	自动布线.....	149
5.7.3	手工布线.....	152
5.7.4	常用布线操作.....	154
5.7.5	铜导线承受电流.....	158
5.8	覆铜.....	159
5.8.1	覆铜.....	159
5.8.2	分区域覆铜.....	161
5.8.3	填充.....	162
5.8.4	接地规则.....	163
5.9	原理图与 PCB 图的同步更新.....	163
5.9.1	由原理图更新 PCB 图.....	163
5.9.2	由 PCB 图更新原理图.....	163
5.10	后处理.....	164
5.10.1	批量修改.....	164
5.10.2	打印 PCB 图纸.....	165
第 6 章	电路板电磁兼容设计.....	169
6.1	元器件的选择.....	169
6.1.1	电阻.....	169
6.1.2	电容.....	170
6.1.3	电感.....	171
6.1.4	二极管.....	171
6.1.5	集成芯片.....	172
6.1.6	微控制器.....	172
6.2	电路板的布局.....	173

6.2.1	单层电路板.....	173
6.2.2	双层电路板.....	174
6.2.3	多层电路板.....	177
6.2.4	混合信号 PCB 分区设计.....	180
6.3	滤波.....	181
6.3.1	滤波器件.....	181
6.3.2	滤波电路.....	182
6.4	屏蔽.....	183
6.5	接地.....	184
6.5.1	接地的含义.....	184
6.5.2	接地的分类.....	184
6.5.3	接地时应注意的问题.....	186
6.6	抗干扰措施选择.....	186
第 7 章	电路板设计规范.....	189
7.1	设计 PCB 前的准备.....	189
7.2	设计流程.....	190
7.2.1	规定元件的封装.....	190
7.2.2	建立 PCB.....	190
7.2.3	载入网络表.....	191
7.2.4	布局 PCB.....	191
7.2.5	设置规则.....	192
7.2.6	PCB 布线.....	194
7.2.7	PCB 布线的一般规则.....	195
7.2.8	设计检查.....	199
附录 A	Altium Designer 软件常用的快捷键.....	200
附录 B	Altium Designer 软件常用的元件符号.....	203
附录 C	Altium Designer 软件常用的元件封装.....	212
参考文献	214

第 1 章 概 述

认识元器件(简称元件)是学习电子设计的第一步;设计电路是学习电子设计的第二步;将原理电路转换为电路板(PCB),制作出实物板,是学习电子设计的第三步。这是本书要陆续讲解的内容。



1.1 认识电路板

本书所说的电路板是在绝缘材料上,按照元器件之间电气连接要求形成的印制电路板,简称印制板,它包括刚性或柔性结合的单面、双面和多层电路板。印制电路板又称为 PCB(Printed Circuit Board),为了讲述方便,本书中这几种称法可能都会用到。

1.1.1 单面板

单面板在实际应用中使用较多,它的优点是价格便宜,制作简单;缺点是走线不可过于复杂,否则需增加飞线,且插接件焊盘的可靠性相对于双面板和多层板而言较低,故在设计焊盘时,有意识地将焊盘做得较大,以提高焊接可靠性。通常单面板在制作时工艺较差,因此在电路板布线时,需增大焊盘、增加安全间距,以提高成品率。图 1-1-1 为焊接元件的单面板实物图。

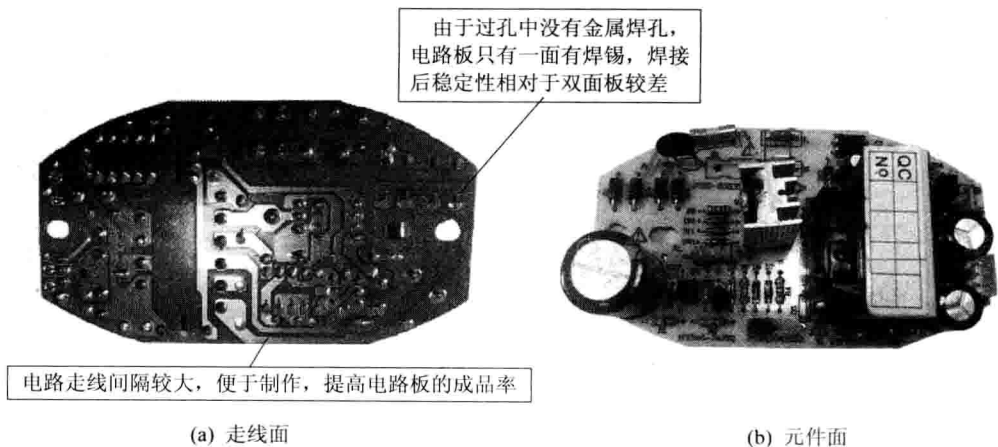


图 1-1-1 焊接元件的单面板实物图

建议：相对于其他电路板，在设计单面板元器件封装时，需将焊盘设计得大些，焊盘孔略大于元器件引线直径，比其他电路板焊盘孔相对小些，以提高电路板焊接的可靠性。

图 1-1-2 为单面板实物所对应的 PCB 仿制图，电路板只有反面有线，且走线较简单。对于单面板的布线，基本规则是导线尽量宽，线间距尽量大，线尽量短，跳线尽量少。

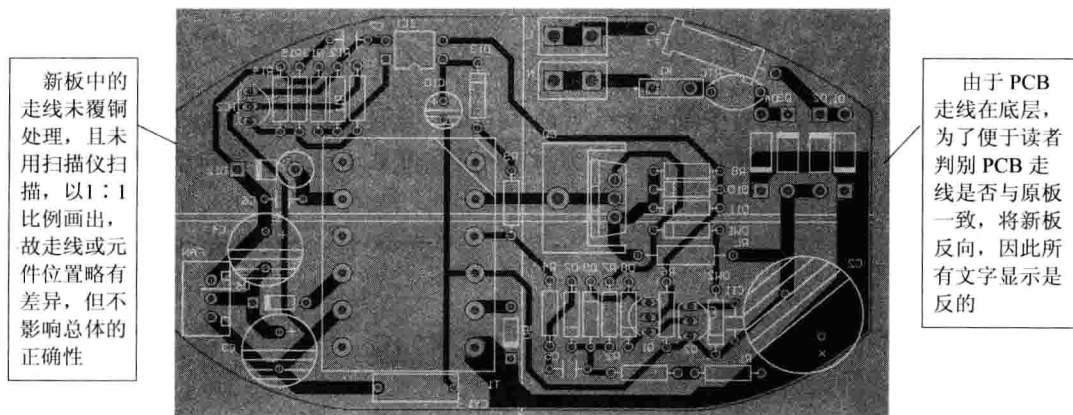


图 1-1-2 单面板的布线图

1.1.2 双面板

双面板是使用最广的一种电路板，它能满足绝大部分电路设计要求，其价格适中；在电路板布线时，布线成功率较高；由于有过孔焊盘，焊接时焊盘不易损坏，可靠性较高。双面板的制作工艺要求较高，一般企业制作的最小间距可达 6 mil。图 1-1-3 为未焊接元件的双面板实物图，由图可以看出，该电路板正反两面都有走线，电路比较复杂。

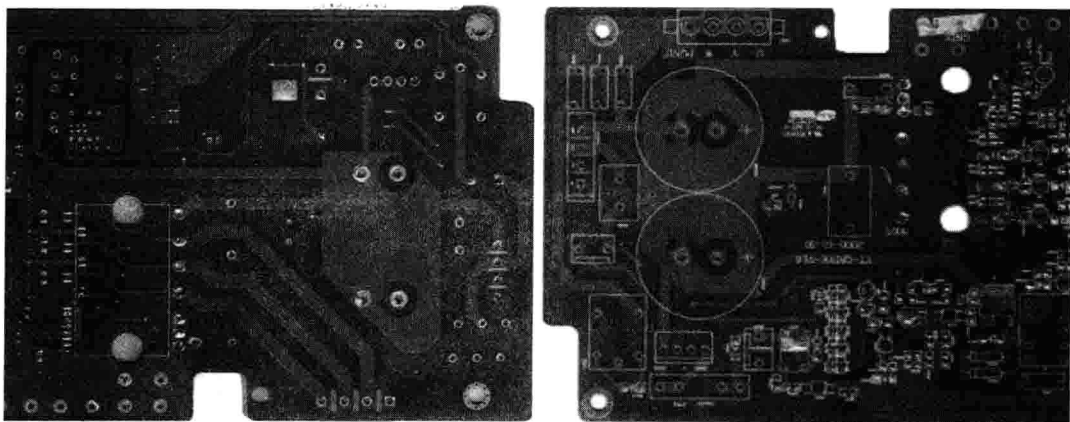


图 1-1-3 未焊接元件的双面板实物图

提示：mil 单位是电路板设计中常用的单位，1 mil = 0.0254 mm。

图 1-1-4 为利用 Altium Designer 软件所实现的电路板布线图，其布线与实物板布线有所差异，图中的电路布线比单面板布线复杂得多。

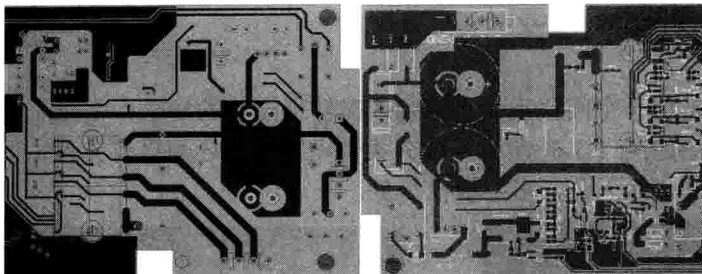


图 1-1-4 利用 Altium Designer 软件实现的电路板布线图

1.1.3 多层电路板

多层电路板是指在电路板中间有导线层，其焊接元件的实物图如图 1-1-5 所示，它用于电路走线复杂、电磁兼容性要求较高的场合。这种电路板的制作难度较大，电路板制成后如果内部走线出错则无法修改，故内部一般作为电源层和地层，且地层在内部有利于提高电磁兼容性。

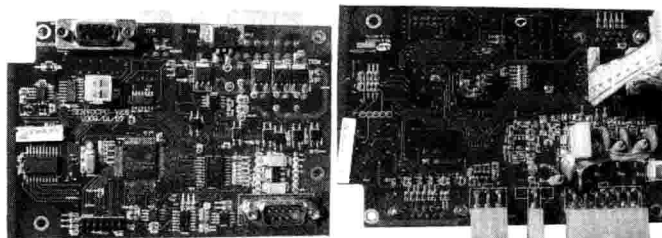


图 1-1-5 焊接元件的多层电路板实物图

图 1-1-6 为利用 Altium Designer 软件实现的多层电路板布线图，由图可以看出，该电路板具有四层走线结构，顶层和底层都放置元件，中间层分别作为电源层和地层。

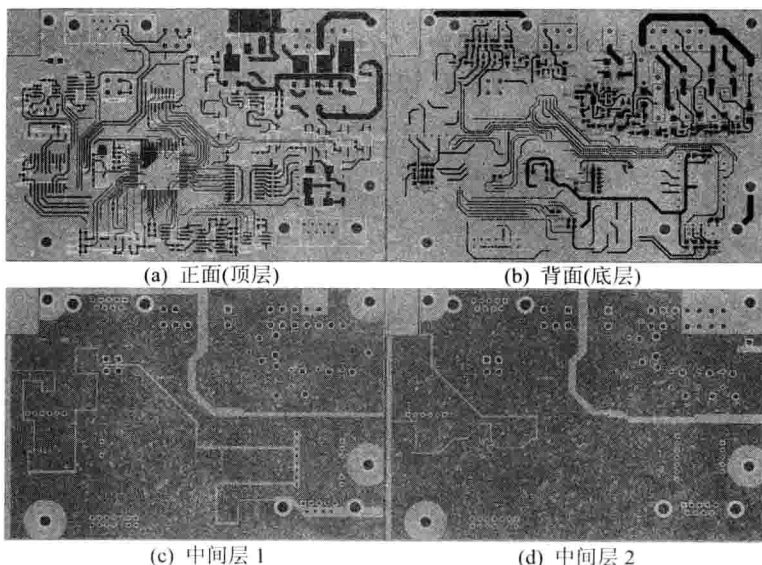


图 1-1-6 利用 Altium Designer 软件实现的多层电路板布线图

1.1.4 柔性电路板

柔性电路板常用于空间狭小而不规则或需转折连接の場合，常见于显示屏与电路板连接部分，其实物图如图 1-1-7 所示，部分柔性电路板上还焊接有元件。同样，常见的柔性电路板也有单面和双面之分，多层板很少见。

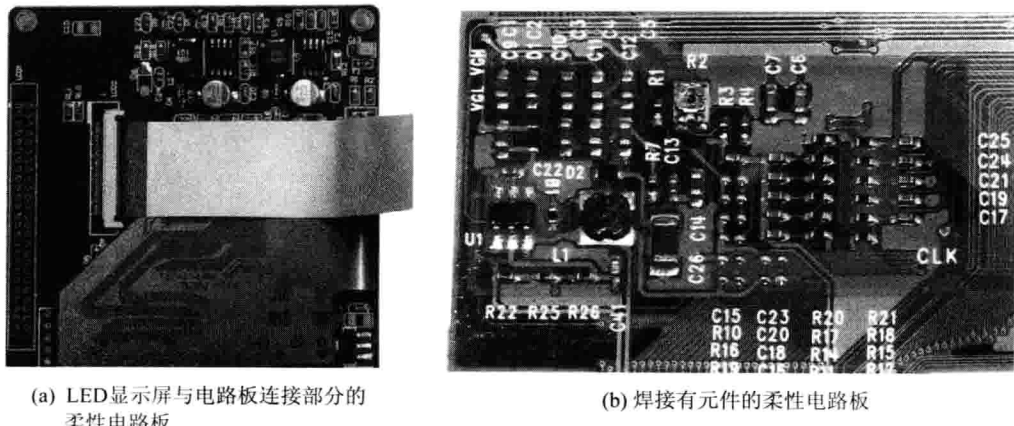


图 1-1-7 柔性电路板的实物图

1.1.5 铝材质电路板

铝材质电路板是电路板中材质比较特殊的一种电路板，其实物图如图 1-1-8 所示。铝材具有很好的导热性能，常见的散热器就是用铝材制作的，如果将散热器和电路做到一起，可有效节省空间，增强散热效果，降低成本。铝材的另一特性是氧化铝是绝缘物质，故在铝材制作电路板之前先进行氧化绝缘，然后在其上覆铜导线，形成电路。铝材质电路板的缺点是无法制作双面或多层电路板，因为，钻孔后无法保证所有过孔的氧化绝缘度，所以目前铝材质电路板只有单面板，常见的有 LED 灯照明电路。

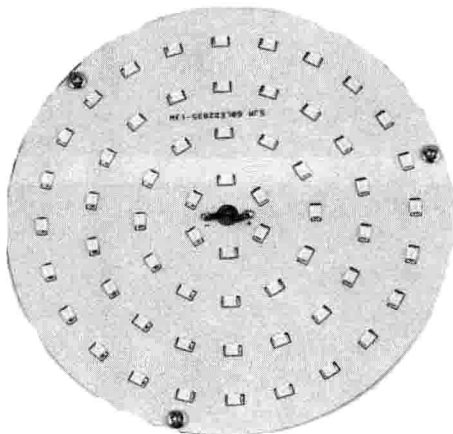


图 1-1-8 铝材质电路板的实物图

1.1.6 实验板

实验板是一种实验时使用的电路板,在对电路的正确性不太确定时,可通过在实验板上焊接测试,验证其正确性后再设计具体电路板。实验板的实物图如图 1-1-9 所示,其分为单面板和双面板,单面板焊接可靠性没有双面板好,但价格较低,具体可根据实际情况选用。这种电路板只适用于实验学习场合,不可将其用于实际产品中。

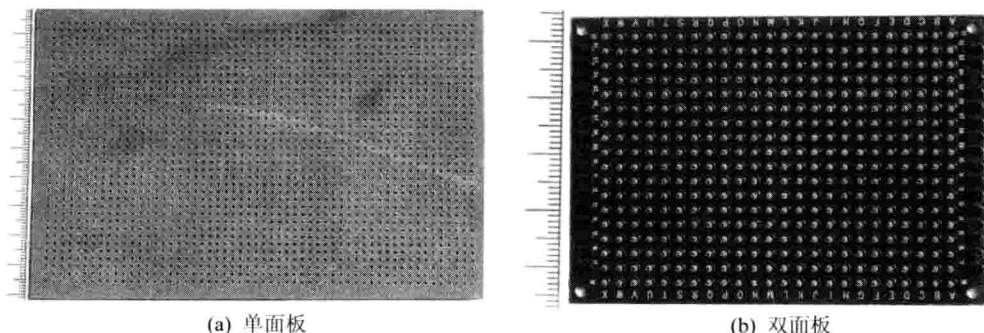


图 1-1-9 实验板的实物图

1.2 手工电路板制作

在电路板制作中,目前已很少使用手工制作,一般利用电路设计软件设计,将设计好的电路文件交由电路板生产厂商制作电路板。在此简要介绍电路板的手工制作方法,便于初学者手工试制自己的设计。在讲解制作之前先说明电路板制作要求和几个概念。

1.2.1 电路板制作的要求

电路板的制作除了要考虑元件之间的连接之外,还要考虑到元器件布局的合理性和电路安装的可靠性这两个方面。

(1) 元器件布局的合理性。

- ① 容易引起相互干扰的元器件要尽可能远离。
- ② 布线尽可能短而直,以防止自激。
- ③ 注意发热元件对周围元件的影响。
- ④ 元器件布局不应使印制电路的导线交叉。

(2) 电路安装的可靠性。

- ① 选取合适的导线间距、焊点样式。
- ② 导线与焊点要平滑过渡。
- ③ 根据元件封装尺寸确定穿孔位置与直径。
- ④ 在同一电路板上尽可能取用相同的导线宽度(除电源线、功率线)。
- ⑤ 公共地线不能形成环路,以免产生电磁感应。

1.2.2 电路板制作中的几个概念

电路板设计中的概念很多，具体将在后面几章中讲解，在此只说明几个基本概念，如表 1-2-1 所示。表中部分参数与专业电路板生产厂家给的有所不同，如最小间距、最小线宽等，在手工制作时，由经验和细心程度而定；在交由电路板生产厂家生产时，先联系厂家，确定其最佳工艺水平。

表 1-2-1 印刷电路板的概念

名称	意义	图示	说明
焊点	元件与印刷电路板的连接点		焊点的焊盘直径一般为 0.5 mm~1.5 mm，穿线孔直径一般比元件引脚的直径大 0.2 mm~0.3 mm，太大焊接不牢。焊盘直径至少需比穿线孔直径大 0.2 mm，过小焊接不牢
连线	一个焊点到另一个焊点的连接线		由于手工工艺较差，一般制作电路板导线宽度为 1.5 mm~2.0 mm，最窄不要小于 0.5 mm，流过大电流的印刷导线可放宽到 2 mm~3 mm。电源线和公共地线，在布线允许下可放宽到 4 mm~5 mm，甚至更宽
安全间距	导线与导线之间、导线与焊点之间、焊点与焊点之间所保持的绝缘间距		电路板导线间的间距直接影响着电路板手工制作的成功率。在制作时一般不得小于 0.5 mm，当应用于高压时，每千伏不得小于 1 mm，且绝缘层需做好，否则间距还需加大
过孔	用于改变走线的板层。过孔是为了实现层与层之间的电路连接		过孔有半隐藏式过孔、隐藏式过孔和穿透式过孔。过孔的主要技术要求是连接可靠，手工制作时一般为单面板，不涉及盲孔和埋孔的问题，只存在穿透式过孔
元件封装	实际元件焊接到印刷电路板时的外观与引脚位置(焊点位置)		元件封装在印刷电路板的设计中扮演着主要角色。因为各元件在印刷电路板上都是以元件封装的形式体现的。不知道元件封装，就无法进行设计
阻焊层	不沾焊锡，甚至会主动排开焊锡的层面		在焊点以外的地方覆盖一层阻焊层(漆)，可以防止焊锡“跑”到不该有焊锡的地方，并可防止焊锡溢出引起的短路

1.2.3 电路板的手工制作

电路板的手工制作方法如表 1-2-2 所示。表中所讲方法可能与其他设计者所用方法不同，具体以手中材料而定。实际上，手工制作已很少使用，几乎已被机器雕刻和大规模生产所取代，但在自己学习设计时，使用该方法的设计方案不失为一个简单低成本方案。

表 1-2-2 电路板的手工制作方法

序号	步 骤	说 明
1	设计	根据电路板的设计原则，设计出电路板的走线稿件，也可以使用 Altium Designer 软件设计
2	选材	电路板的材质有很多种，对于手工制作而言，只需使用在电子市场上能够买到的即可。 酚醛纸基板：其颜色一般为黑黄色或淡黄色，价格便宜，但性能不如环氧酚醛玻璃布板。 环氧酚醛玻璃布板：从外表看为青绿色并有透明感，这种板适用于高频电路并能耐高温，有较好的绝缘性
3	表面处理	由于加工、储存等原因，在覆铜箔层压板的表面会形成一层氧化层，氧化层将影响腐蚀效果，为此，要对覆铜箔层压板表面进行清洗处理，亦可使用细砂纸打磨抛光处理
4	复印设计图	一种方法是用 Altium Designer 软件设计出的电路板用打印机以 1:1 比例打印，将复印纸放在打印出的图纸与覆铜板之间，用笔描出导线部分边框，需要注意的是，使用 Altium Designer 软件设计电路板时需将导线设计得较宽。另一种方法是直接用铅笔在覆铜板上画出导线部分的边框。画边框的目的是便于下一步的描涂，在熟练的情况下，这一步可省略
5	描涂防腐蚀层	用防腐蚀物质覆盖边框内部铜箔，覆盖在防腐蚀层上的物质可有很多种，只要不溶于水且不与三氯化铁发生反应即可，常见的如涂改液、指甲油、油漆等
6	腐蚀印刷电路板	将描涂好电路图的覆铜板放入浓度为 28%~42% 的三氯化铁水溶液(或双氧水+盐酸+水，比例为 2:1:2 的混合液)。将板全部浸入溶液后，用排笔轻轻刷扫，待完全腐蚀。为了加快腐蚀速度，可缓缓搅动腐蚀液，浸放时间大约在 30 min 左右
7	清洗	清洗掉电路板上残留的腐蚀液，清洗完成后，需晾干电路板，防止电路板上的铜皮被氧化
8	擦除保护层	边擦除保护层边观察覆铜板腐蚀情况，是否保留了需要的导线部分，完全腐蚀不需要部分，导线之间无错误“交联”现象。在擦除保护层时，亦可只擦除需要钻孔和焊接元件的部分，保留导线上的保护层还可以起到阻焊的作用
9	钻孔	根据需焊接元件引脚的粗细度选择钻头的大小，电路板上元件引脚孔直径一般在 0.5 mm~2.0 mm 之间，钻头较细，在使用时需掌握好力度，保证钻头与电路板垂直，防止弄断钻头