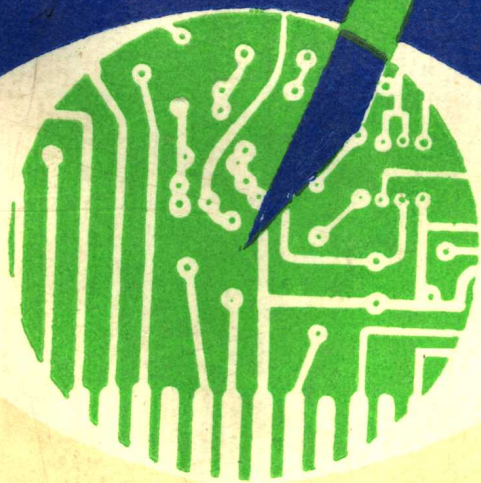


青少年及业余电子爱好者丛书

印刷线路板 的制作 及其应用



兵器工业出版社

青少年及业余电子爱好者丛书

印刷线路板的制作 及其应用

任致程 主编

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

这是一本专为青少年及业余电子爱好者编著的实用电子技术读物。

本书较详细地论述了单面印刷线路板的设计方法和复制技巧,并立足于业余条件,全面地介绍了印刷线路板的手工制作、蚀刻法制作,以及印刷线路板的电镀、化学镀、成形、钻孔、焊料涂覆及成品检验等一整套实用制作技术。

制作的目的在于应用。为达此目的,本书还专门介绍了印刷线路板上元件的焊装与拆卸,并列举了两个应用印刷线路板制作的电子装置作为示范,以供读者参考。

青少年及业余电子爱好者丛书

印刷线路板的制作及其应用

任致程 主编

责任编辑 聂笃克

兵器工业出版社出版发行

北京海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

建华印刷厂印装

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.875 字数: 170千字

1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷

印数: 1—3000 定价: 11.50元

ISBN 7-80038-688-0/TN·31

前 言

业余电子爱好者在我国是一支庞大的电子技术的后备军，而且随着时间的推移正在不断扩大。他们的年龄不同，层次有别，业余水平各异，所设计、制作的电子装置也是千姿百态，各有千秋。洞察那些得意之作，几乎都采用了印制线路技术。印制线路板的制作技术正在被越来越多的业余电子爱好者，尤其是广大青少年电子爱好者所关注，他们殷切希望有一本适应他们需要的印制线路板制作的书，以指导他们的业余实践。为此，我们编著了本书。

本书较详细地论述了单面印制线路板的设计方法和复制技巧，并立足于业余电子爱好者所处的各种不同环境，详细介绍了印制线路板多种手工制作方法和蚀刻法，系统地叙述了印制线路板的电镀、化学镀、成形、钻孔、焊料涂覆及成品检验等实用技术。为帮助初学者能正确地在印制线路板上焊接、拆卸元器件，又用了相当篇幅讲解了焊拆工艺。在最后一章里，推荐了新颖而实用的电子镇流器和电动大门两项科研成果，读者从中可领悟到印制线路板的设计与使用方面的实际知识，若有兴趣制作，那更是一次很好的实践。

全书共分十一章，章与章之间有一定的内在联系，但每章又独立成章。因此，读者在阅读时不一定从头至尾，可根据需要选读。本书内容来自实践，所以初学者也应注重实际操作。本书由任致程、常宁夫、虎洲、吴玉莲、杨洋、刘一守、邓晓艳等共同编著。

由于水平有限，实践经验不足，错误在所难免，诚望各位行家和广大读者赐教。

编 者

1993年于长沙市岳麓牛头山

目 录

第一章 印制线路板的设计	(1)
一、敷铜板	(1)
二、印制线路板的类型	(3)
三、印制线路板元器件的布局与布线	(4)
四、印制导线的尺寸	(12)
五、印制图形	(14)
六、印制线路板的设计步骤	(17)
七、印制板设计实例——稳压电源的制作	(23)
第二章 印制线路图与电路图的复制技巧	(29)
一、根据印制线路板“复印”印制线路图	(29)
二、根据印制装配板绘出电路原理图	(30)
第三章 印制线路板的手工制作	(33)
一、穿线法仿制印制线路板	(33)
二、刀刻法制作印制线路板	(35)
第四章 蚀刻法制作印制线路板	(37)
一、线路图保护膜在敷铜板上的形成	(37)
二、印制线路板的蚀刻	(70)
第五章 印制线路板的电镀	(86)
一、电化学基本知识	(86)
二、印制线路板电镀前的表面处理	(88)
三、印制线路板电镀铜	(93)
四、印制线路板电镀铅锡合金	(98)
五、印制线路板电镀锡镍合金	(103)
六、印制线路板电镀镍	(106)
七、印制线路板电镀金	(112)
八、印制线路板电镀银	(119)

第六章 印制线路板的化学镀	(123)
一、化学镀前对线路板表面的清洁处理	(123)
二、印制线路板化学镀镍	(124)
三、印制线路板化学镀金	(125)
四、印制线路板化学镀银	(127)
五、镀银糊擦镀印制线路板	(128)
六、印制线路板化学镀锡	(130)
第七章 印制线路板的形成与钻孔	(132)
一、印制线路板的机械加工的分类	(132)
二、坯料的加工	(133)
三、孔加工	(134)
四、外形加工	(151)
第八章 焊料涂覆	(154)
一、润湿与可焊性	(154)
二、可焊性金属保护层	(155)
三、助焊剂	(156)
四、阻焊剂	(163)
五、助焊剂、阻焊剂在印制板上的涂覆	(168)
六、印制线路板的“防护”	(170)
第九章 印制线路板成品的检验	(173)
一、印制线路板成品的技术要求	(173)
二、印制线路板的测试	(180)
第十章 印制线路板上元件的焊拆	(190)
一、介绍几种常用电烙铁	(190)
二、焊接技巧	(196)
三、拆卸技巧	(200)
第十一章 印制线路板应用实践	(205)
一、电子镇流器	(205)
二、电动大门	(219)

第一章 印制线路板的设计

印制线路板，亦称印制电路板或印刷电路板。所谓印制线路板，是指在绝缘基板上，有选择性地加工和制造出导电图形的组装板。

印制线路板在电子工业和青少年业余电子制作中，作为一种基础组装部件而占有重要的地位。它具有如下一些独特的功能：

- 1.能对电路中的各种电器元件提供必要的机械支撑；
- 2.有着复杂的线路图形，可提供必要的电气连接；
- 3.汇集全部线路于基板上，以代替错综复杂的布线，从而使整机小型化，减轻了整机的重量，提高了整机的可靠性；
- 4.节约了原材料，降低了成本，提高了生产率；
- 5.能够标出各种元件的标记、符号，易于实现装配生产的自动化。

但是，印制线路板是用什么基板加工的？怎样设计、制造一个合格的印制线路板？这些看起来简单，作起来却并非易事。但通过学习和实践，这门技术是完全可以掌握的。

一、敷铜板

敷铜板亦称覆铜板，即是以铜箔覆在绝缘板（基板）之上的一种电工材料。

敷铜板的种类很多，按绝缘材料来分，有纸基板、玻璃

布基板和合成纤维板三种；按粘结剂树脂来分，有酚醛、环氧、聚脂、聚四氟乙烯、聚酰亚胺、聚苯撑氧等；按结构来分，有单面印制板、双面印制板、多层印制板和软印制板；按用途分，有通用型和特殊型。

纸基板价格低廉，但性能较差，可用于低频和要求不高的场合。玻璃布板与合成纤维板价格较贵，但性能较好，常用作高频、高档家电产品中。当频率高于数百兆赫时，必须用介电常数和介质损耗更小的材料，如聚四氟乙烯和高频陶瓷作基板。下面介绍几种常用的敷铜板：

1.聚苯乙烯敷铜板 这是用胶粘剂将聚苯乙烯和铜箔粘接而成的敷铜板，主要用作高频和超高频印制线路板和印制元件，如微波电路中的定向耦合器等。

2.聚四氟乙烯敷铜板 这是以聚四氟乙烯板为基材，敷以铜箔经热压而成的一种敷铜板，主要用于高频和超高频线路中作印制板用。

3.软性聚脂敷铜薄膜 这是用聚酯薄膜与铜箔热压而成的带状材料，主要用来作柔性印制线路和印制电缆，可作为接插件的过渡线。为了充分利用空间，在应用中常将它卷曲成螺旋形放在设备内部。为了加固或防潮，常以环氧树脂将它灌注成一个整体。

4.多层印制板 多层印制板是指在单块印制板厚度差不多的板上，叠合三层以上的印制线路系统。它是用较薄的几块单面印制板叠合而成，只是在制造工艺上与单块印制板有所不同而已。

5.THFB-65敷铜箔酚醛玻璃布层压板 这是用无碱玻璃布浸以环氧酚醛树脂经热压而成的层压制品，其一面或双面敷以铜箔。它具有质轻、电气和机械性能良好、加工方便

等优点。其板面呈淡黄色，若用三氰二胺作固化剂，则板面呈淡绿色。它具有良好的透明度。主要用在工作温度较高、工作频率较高的无线电设备中作印制线路板。板上敷铜箔厚度为 $0.05 \pm 0.005\text{mm}$ ，层压板的厚度有1.0、1.5、2.0mm数种。0.2、0.3、0.5mm厚的为双面敷铜板。

6. TFZ-62、TFZ-63敷铜箔酚醛纸基层压板 这是由绝缘浸渍纸(TFZ-62)或棉纤维浸渍纸(TFZ-63)浸以酚醛树脂经热压而成的层压制品，两表面胶纸可附以单张无碱玻璃浸胶布，其一面敷以铜箔，主要用作无线电设备中的印制电路板。TFZ-64敷铜箔酚醛纸基层压板，是用酚醛改性树脂两次浸渍棉绒纸后经热压而成的板状材料。其一面敷铜箔，具有较好的电气性能、良好的冲剪性及较低的翘曲度。这几种敷铜板所用铜箔厚度为 $0.05 \pm 0.005\text{mm}$ ，层压板(基板)厚度有1.0、1.5、2.0mm等三种。

二、印制线路板的类型

按结构，印制线路板可分为如下四种类型：

1. 单面印制线路板 其厚度一般为1~2mm，因它只有一个表面敷有铜箔而得名。单面印制线路板是用单面敷铜板通过印制、蚀刻、涂敷等多道工艺加工而成，是青少年业余电子爱好者最常用的一种组装板。

2. 双面印制板 这种印制板是用两面均敷有铜箔的绝缘基板加工而成，也常被青少年业余电子爱好者所采用。

3. 多层印制板 随着电子设备向小型和超小型方向发展，不允许印制板面数目太多，往往会出现这种情况：即在一定的板面上，可以容纳下所有元件(指小型化和超小型化元件)，但却容纳不下所有的印制导线。这是因为导线

太密会严重影响电性能。多层印制板是针对这种情况应运而生。它是在绝缘基板上，制成三层以上印制线路的印制板。它由几层较薄的单面板或双面板叠合而成，其厚度一般为1.2~2.5mm。为了把夹在绝缘基板中间的线路引出，多层印制板上安装元件的孔需要金属化（金属化孔）即在小孔内表面涂覆金属层，使之与夹在绝缘基板中间的印制线相通。

多层印制板的接线短而直，具有便于屏蔽等优点。目前广泛使用的是四层板，也有六层和八层的印制板。由于制造多层印制板的工艺复杂，尤其是该板采用金属化孔可靠性差，所以电子电路向中、大规模集成电路方向发展，使多层印制板的使用和发展受到了限制。

4. 软印制板 它采用软性聚脂敷铜薄膜加工而成。

三、印制线路板元器件的布局与布线

分立电子元器件布局和布线的常规原则，基本也适应于印制线路板。但由于印制线路板有着其本身的特点，如导线是扁平的铜箔，在单面印制线路板上不能相互交叉；铜箔的剥脱力有限，焊盘（接点）不能多次焊接，也不宜用一点接地等，所以在印制线路板上的元器件布局与布线，又有它的特殊性。

（一）印制线路板的布局原则

印制线路板上的元器件的布局，实质上就是印制电路的布局，其一般原则是：

1. 在通常条件下，所有元器件均应布置在印制线路板的一面上，而且把元器件印有型号、规格铭牌的那一面朝上，以便于检查、加工、安装和维修。对于单面印制板元器件，只能安装在没有印制线路铜箔的那一面。如果需要绝缘，可

在元器件与印制线路之间垫以绝缘薄膜（可用照相底片代用），或在元器件与印制板之间留1~2mm的间隙。

2. 板面上的元器件，尽量按电路原理图顺序成直线排列，并力求电路安排紧凑、密集、整齐，各级走线尽可能近，且输入、输出走线不宜并列平行。这点对高频和宽带电路尤为重要。

3. 倘若由于板面所限，无法在一块印制板上安装下全部电子元器件，或是出于屏蔽之目的必须把整机分成几块印制板安装时，则应使每一块装配好的印制电路构成独立的功能，以便单独调整、检验和维修。

4. 为便于缩小体积或提高机械强度，可在主要的印制板之外再安装一块乃至多块“辅助底板”，它可以是金属的，也可以是印制板或绝缘板。将一些笨重器件，如变压器、扼流圈、大电容器、继电器等安装在辅助底板上，并利用附件将它固紧。

5. 对辐射电磁场较强的元件，以及对电磁感应较灵敏的元件，安装的位置应避免它们之间相互影响。可以加大它们相互之间的距离，或加以屏蔽。元器件放置的方向，应与相邻的印制导线交叉。特别是电感器件，要特别注意采取防止电磁干扰的措施。

6. 对发热元器件，应优先安排在有利于散热的位置，必要时可以单独设置散热器，以降低温度和减少对邻近元器件的影响。晶体管、整流元件的散热器可以直接安装在它的外壳上，也可以把散热器设法固定在印制板、机壳或机器底板上。大功率的电阻器，可以用导热良好的1~3mm厚的铝板弯成圆筒，紧贴电阻器壳体，并给予固定，以利散热。

7. 对热敏元件应远离高温区域，或者采用隔离墙式的结

构把热源与其断开，以免受发热元件的影响。

8.重而大的元件，尽量安置在印制板上靠近固定端的位置，并降低重心，用以提高机械强度和耐振、耐冲击能力，以及减少印制板的负荷和变形。

9.一般元件可直接焊在印制板上，但当元件超过15g或体积超过 27cm^3 时，则应考虑增设金属紧固件固定，以提高耐振、耐冲击的能力。

10.在保证电气性能前提下，元件应相互平行或垂直排列，以求整齐、美观。一般情况下，不允许将元件重叠起来。若为了紧缩平面尺寸，非重叠放置不可，则必须把元件用机械支承件加以固定。

11.地线（公共线）不能作成闭合回路（见图1-1a）。在高频电路中，可采用大面积接地方式（见图1-1b），以防电路自激。

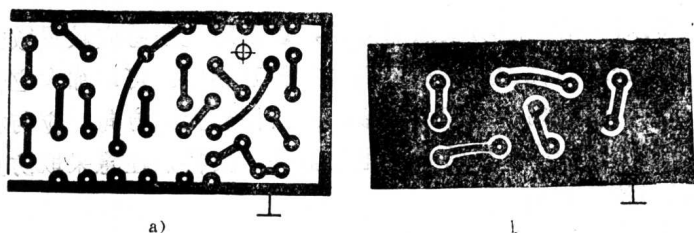


图1-1 印制线路接地布局方式

a) 正确地线布局 b) 大面积接地

12.一些功耗大的集成块、大或中功率管、电阻等元件，要布置在容易散热的地方，并与其它元件隔开一定的距离。

13.需要通过印制插头与外部电路相连的元件，尤其是产生大电流信号或重要脉冲的集成电路块，应尽量布置在靠

近插头的板面上。

14. 时钟脉冲发生器及时序脉冲发生器等信号源电路，在布局上应考虑有较宽裕的安装位置，以减少和避免对其它电路的干扰。

15. 装在振动装置上的电子电路，印制板上的元件轴向应与机器的主要振动方向一致。

16. 印制板的尺寸：为了提高装置的可靠性，应尽量减少整个装置所用的印制插件与插座间的接触点、底板连接线和焊点等，能用一块大些的印制板解决问题的，不要分成两块或更多的小块。

确定印制板尺寸的方法是：先把决定要安装在一块印制板上的集成块和其它元件，全部按布局要求排列在一张纸上。排列时要随时注意使形成的印制板的长宽比符合或接近实际要求的长宽比。各个元件之间应空开一定的间隙，一般为5~15mm，有特殊要求的电路还应放宽。间隔太小，将使布线困难，元件不易散热，调试维修不方便；间隙太大，印制板的尺寸就大，由印制导线电阻、分布电容和电感等引起的干扰也就增加。待全部元件都放置完毕，印制板的大致尺寸也就知道了。如形成的印制板长宽比与实际要求有出入，可在不破坏布局的前提下，对长宽比进行适当的调整。

（二）印制线路板的布线

元件布局工作完成后，就可用铅笔在代表印制板的纸上画上各个元件的轮廓，然后根据电路原理图安排、绘制各个元件间的连线，即布线设计。布线设计是印制板设计中一项较费时的的工作，灵活性很大，并无一成不变的标准图案可供使用。下面根据常规提出几点布线设计要点，谨供读者参考：

1.一般将公共地线布置在印制板的最边缘,便于印制板安装在机架上,也便于与机架(地)相连接。电源、滤波、控制等低频与直流导线和元件靠边缘布置,高频元件、高频管、高频导线布置在印制板中间,以减少它们对地线和机壳的分布电容。

2.印制导线与印制板的边缘应留有一定的距离(不小于板厚),这不仅便于安装导轨和进行机械加工,而且还提高了绝缘性能。

3.一般印制板的铜箔厚度约为35mm左右,当这种铜箔形成一条宽0.5mm、长100mm的印制导线时,其两端电阻约为 0.1Ω 左右。当通过较大的直流或脉冲电流时,其压降就较可观。因此,为减小电阻并使加工方便可靠,印制导线的宽度通常不应小于0.5mm,地线、电源线应放宽到1.5~2.5mm,印制板周边地线宽度还可以放宽到5mm以上;用于连接正反面印制导线的焊盘孔不应与元件孔合用;焊盘的外径应不小于2mm,孔径应根据元件引线的粗细决定,一般为0.8~1.2mm,以小些为好。焊盘与印制导线、印制导线与印制导线间的距离应大于0.5~1mm,对载有弱信号或大电流的印制导线尤其要注意,最好取1.5~2mm。

4.单面印制板的某些印制导线有时要绕着走或平行走,这样印制导线就比较长,不仅使引线电感增大,而且印制导线之间、电路之间的寄生耦合也增大。对于低频电路印制板,导线绕着走或平行走影响不显著;对高频电路则必须保证高频导线、晶体管各电极的引线、输入和输出线短而直,并避免相互平行。若个别印制导线不能绕着走,此时为避免导线交叉,可用外接线(亦叫“跨接线”、“跳接线”)。必须指出,高频电路应避免用外接导线跨接,若是交叉的导线较

多，最好采用双面印制板，将交叉的导线印制在板的两面，这样可使连接导线短而直。用双面板时，两面印制线路应避免互相平行，以减小导线间的寄生耦合。最好成垂直布置或斜交，如图1-2b所示。图中网线代表背面印制导线。高频电路的印制导线，其长度和宽度要小，导线间距要大，以减小分布电容的影响。

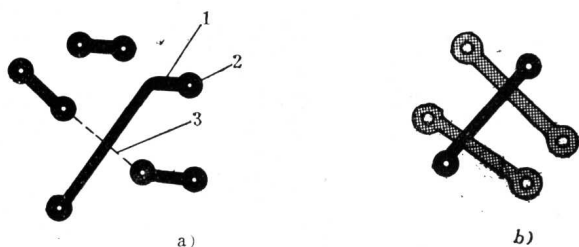
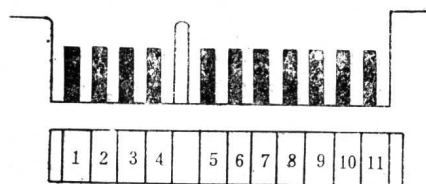


图 1-2 印制导线交叉、平行的处理办法

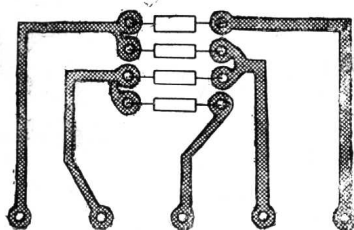
a) 单面板印制导线交叉 (1-印制导线 2-焊盘 3-外接线) b) 双面板

5. 对外连接用插接形式的印制板，为便于安装往往将输入、输出、馈电线和地线等均平行安排在板子的一边，如图1-3a所示。为减小导线间的寄生耦合，布线时应使输入线与输出线远离，并且输入电路的其它引线应与输出电路的其它引线分别布于两边，输入与输出之间用地线隔开。此外，输入线与电源线间的距离要远一些，间距不应小于1mm。对于不用插接形成的印制板，为便于转接（外连接），各个接出脚也应放在印制板的同一边，如图1-3b所示。

6. 印制板上每一级电路的地线一般自成回路，这样可以保证每级电路的高频地电流主要在本级地回路中流通，不流过其它的地回路，从而减小了级间的地电流耦合。每级电路的接地元件就近接地，地线短，引线电感小。但当外界有



a)



b)

图 1-3 印制板与外连接的布线方式

a) 印制插头 (各脚接线: 1、5、11—脚接地线; 2、10—脚接电源;
4—脚输出; 5—脚输入) b) 印制板直接连接导线

了强磁场时, 地线就不可以做封闭的回路、以免封闭的地线为一个线圈而产生电感。

当频率较高时, 为减小地阻抗, 地线应有足够的宽度。频率愈高, 连接线也应愈宽, 以减少引线电感。最好采用大面积接地 (见图3-1b), 即大面积铜箔均为地线。如果应用的是双面印制板, 则可在印制线路的反面, 将相当于正面印制导线部分的铜箔去除, 其余部分作为地线, 这称作全地线印制板。大面积接地还具有一定的屏蔽作用。但是, 大面积接地将使元件对地的分布电容增大。若是某个元件对地分布电容的增大影响到电性的话, 则可把这只元件对应部分的