



国家级实验教学示范中心

“电气工程基础实验中心”系列实验教材
西南交通大学323实验室工程系列教材

电工电子 综合性实习教程

DIANGONG DIANZI
ZONGHEXING SHIXI JIAOCHENG

主编 王英 副主编 宋小青 甘萍

主审 西南交通大学实验室及设备管理处

西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家级实验教学示范中心

“电气工程基础实验中心”系列实验教材

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

电工电子综合性实习教程

主 编	王 英		
副主编	宋小青	甘 萍	
参 编	曾欣荣	陈曾川	谢美俊
	陈燕灵	曹保江	何朝晖
	洪 川	何圣仲	

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

全书共分7章:生产实践的基本知识、电子元器件、无线电波的传播及超外差收音机概述、超外差收音机基本电路分析、调频收音机原理及集成电路收音机、收音机的调试、收音机故障与检修常用方法。

本教材适用面广,可作为高等工科院校非电类各专业本科生“电工电子综合性实习”课程的教材,也可作为职业大学、成人教育大学、电视大学和网络教育等院校的电工电子工艺实习教材或辅助教材,还可作为相关专业工程技术人员的学习和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子综合性实习教程 / 王英主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2008.11

(“电气工程基础实验中心”系列实验教材. 西南交通大学“323 实验室工程”系列教材)

ISBN 978-7-81104-683-0

I. 电… II. 王… III. 电工电子学—实验—高等学校—教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113761 号

国家级实验教学示范中心

“电气工程基础实验中心”系列实验教材

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

电工电子综合性实习教程

主编 王 英

*

责任编辑 万 方

特邀编辑 李芳芳

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 6.625

字数: 166 千字 印数: 1—2 000 册

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-683-0

定价: 9.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

“电工与电子技术”是高等工科院校的一门重要技术基础课，该课程的显著特点之一是具有很强的实践性。实践能力的提高是创新人才培养的基础，只有不断加强技术基础实践能力的培养，才能进一步提高人才的创新能力。本实验中心是首批进入学校“323 实验室工程”的建设单位，于 2007 年被评为国家级实验教学示范中心。培养创新人才是本实验中心教学改革的方向，不断建设、不断更新教学理念，不断转变教育思想，不断改革实验方法，其目的是加强对学生的实践能力的培养。学生通过实验，通过电工电子综合性实习，通过理论与实践的不断磨合，可使掌握的理论在实践中得到完善，并进一步提高理论分析的能力和积累实践经验。本中心力求在理论转化为生产力之间架起一座桥梁，培养一批勇于实践、勇于创新、勇于挑战自我的新一代科学研究者。

作者根据多年的实习教学经验，在编写本书时注重学生的能力和综合素质的培养，从实践能力培养角度，论述了电子元件特性参数、实践电路的分析、焊接技术、调试方法和测量中应注意的问题。学生可通过对本书的学习，迅速了解工程实践中常见的问题，提高实践能力，掌握基本的实践技能。

本书编写分工如下：西南交通大学王英任主编，主要负责确定教材的体系和编写的内容、统编和修订整部教材；宋小青、甘萍为副主编，宋小青负责第一章、第六章和第七章编写工作，甘萍负责第二章、第三章、第四章和第五章编写工作；陈曾川参编第二章，曾欣荣参编第三章，谢美俊、陈燕灵参编第四章，曹保江、何朝晖参编第五章，洪川参编第六章，何圣仲参编第七章。

本书可作为高等工科院校大学本科非电类各专业（机械类、材料类、工程力学类、测量类、机电一体化类、经贸管理类、运输类、建筑类、土木类等）的实习课程教材，也可作为职业大学、成人教育大学、电视大学和网络教育等同类专业的教材，还可作为相关专业工程技术人员的学习和参考资料。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，请读者批评指正，提出宝贵意见。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第一章 生产实践的基本知识	1
第一节 电子产品设计的基本原则	1
第二节 印刷电路板设计与制作	3
第三节 焊接工艺	6
第二章 电子元器件	9
第一节 电阻器与电位器	9
第二节 电容器	19
第三节 电感器	28
第四节 陶瓷元件	34
第五节 半导体器件	37
第六节 扬声器和耳机	44
第七节 集成器件	47
第八节 开 关	54
第三章 无线电波的传播及超外差收音机概述	57
第一节 无线电波的传播	57
第二节 超外差收音机概述	59
第三节 超外差收音机的主要性能指标	61
第四章 超外差收音机基本电路分析	64
第一节 输入回路	64
第二节 变频电路	65
第三节 中频放大器	69
第四节 检波器与自动增益控制电路 (AGC)	71
第五节 功率放大电路	74
第五章 调频收音机原理及集成电路收音机	75
第一节 调频收音机概述	75

第二节 调频解调器	78
第三节 单片集成收音机	80
第六章 收音机的调试	84
第一节 调整三极管的静态工作点	84
第二节 调整中频频率	85
第三节 调整频率范围	87
第四节 统 调	88
第五节 调频收音机的调试	91
第七章 收音机故障与检修常用方法	94
第一节 故障种类和检修	94
第二节 故障现象分析	96
参考文献	100

第一章 生产实践的基本知识

对于工科类高等教育来说,生产实践(或生产实习)是一个重要的教学环节,它是学生巩固理论知识、增强实验能力、培养工程逻辑思维的有效途径。电子工艺生产实践是以电子技术理论为基础展开的实践教学,主要由三部分组成,即电子、电气的基本理论,电子、电气的基本元器件,电子工艺实践的基本工具和测试仪器。

(1) 电子、电气的基本理论。生产实践是建立在理论基础知识上的。电子、电气的基本理论主要涉及电子技术、电气工程技术、计算机仿真技术及相关学科内容,如机械原理、材料、化学等基础知识。

(2) 电子、电气的基本元器件。电子元器件是电子电路中具有独立电气性能的基本单元,是构成电子产品的基础。了解现代电子器件的发展,掌握电子元器件的种类、结构、性能、特点、应用领域、技术指标和产品质量等,有助于电子产品的设计、调试和实施。

(3) 电子工艺实践的基本工具和测试仪器。通过电子工艺实践,了解电子产品的生产过程,学习电子电路读图方法,掌握焊接技术、电子产品的工艺流程和调试技能等,规范操作方法,学会使用常用的电子测量仪器与测试技术,深化所学、所用的基本理论和工程技能。

第一节 电子产品设计的基本原则

电子产品的设计方法可分为电路设计和结构设计两个方面。

一、电路设计

电路设计主要是根据产品的性能指标和技术参数来设计电路。一般要求设计者至少掌握电路理论、电子技术和相关的计算机辅助设计工具。对于不同的电子产品其设计过程也有所不同,但大致上可用电路设计流程框图来描述,如图 1.1 所示。

(1) 电路图的设计。根据产品性能的要求设计电路,并进行元件的前期计算,确定电路参数指标等。

(2) 电路的调试与试验。按设计好的电路图,观测试验参数、技术指标和各种极限参数,提出修订电路的方案。

(3) 修正电路和元件参数。根据试验数据,对电路图和元器件进行必要的修正,提出修正后的电路图和元器件的参数。

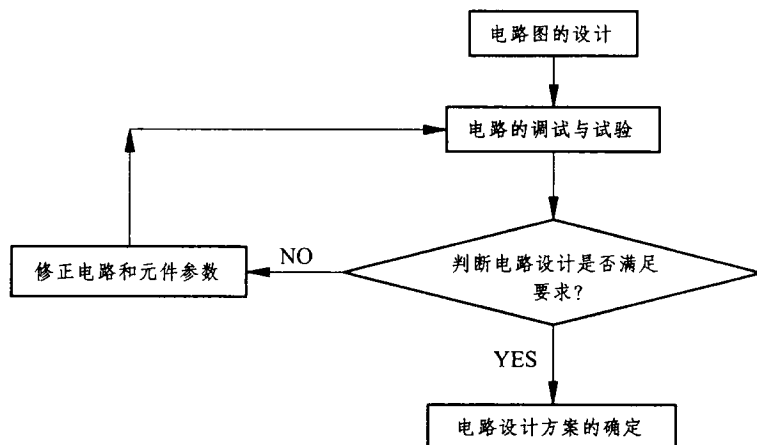


图 1.1 电路设计流程图

(4) 电路设计方案的确定。对电路的性能、技术指标、可靠性等进行测试与调整，确定元器件的型号和技术参数，确定产品的电路设计方案。

电路设计整个过程是一个不断完善、修正、成熟、进步的过程，其原则是在完全满足性能要求的前提下，力求使所设计的电路简单、性能稳定、运行可靠、经济耐用。

二、结构设计

结构设计主要是根据电路原理图和元器件性能、尺寸等参数指标，并考虑影响整机性能正常发挥的各种因素，合理布置器件、组件和构件在其产品内的具体空间位置的综合方案。

结构设计的优劣，对电子成品的性能、可靠性指标、维护性能、产品档次及价格的定位等都起着重要的作用。结构设计优的电子产品应该是质量稳定、简单合理、利于操作、非常人性化、人们容易接受的产品。

不同性能的产品，其结构设计是不一样的。同样功能的电子产品，由于使用环境等因素不同，其产品的结构设计也有着很大差异。在结构设计时要综合考虑各种因素，以便能设计出合理、可靠、经济的电子产品。

结构设计应遵守的原则：

(1) 满足电性能技术要求。即所选电路优良可靠，合理地选择元器件，通过严格的测试，对于产品的性能指标要求必须量化处理。

(2) 要求产品工作可靠、稳定，平均无故障时间长，使用寿命长，抗干扰能力强，一致性好。

(3) 产品的适应环境能力强。满足使用温度、湿度、气压、振动冲击、防灾、防化学气体等要求。

(4) 工艺简单。即产品要易于装配和调试，便于观察、操作和检修，元器件易于更换，维护简单。

(5) 满足产品总体设计要求。即根据用途和使用环境,注意产品的体积、重量的设计应适中。

(6) 满足产品成本核算要求。即根据使用要求,合理地控制元器件和材料的生产成本。

另外,并不是所有电子产品设备都要求高精密度和高性能指标,而要根据实际的环境、要求、用途等,进行合理地选择和设计。

第二节 印刷电路板设计与制作

印刷电路板又称为印制电路板,或印制板,或 PCB。它由绝缘基板、焊盘、印制导线和印制元件组成,是电子、电器设备中的核心部分,广泛地应用于计算机、家用电器、仪器仪表和各种电子设备中。印刷电路板在实现电子电路中各个元器件之间的电气连接或电气绝缘的同时,还提供了固定和装配各种元器件的机械支撑,为电子元器件的插装、调试、检修等提供识别字符和图形。由于同一电子产品的印刷电路板具有良好的一致性,所以可以采用标准化设计、自动化装备与生产,以保证电子产品质量稳定,减小体积,降低成本,提高生产率。

电子产品一日千里的发展,对印刷电路板的设计要求越来越高,从单面板发展到双面板、多层板、挠性板,其精度、布线密度等不断提高。不断发展的印刷电路板制作技术,促使电子产品的设计、装配走向标准化、规模化、机械化和自动化时代。

一、印刷电路板制造工艺

我国电子工业的不断发展,对各种类型的印刷电路板的需求量越来越大,印刷电路板的制造工艺技术也在不断地发展和进步,各种制造工艺层出不穷。不同条件、不同规模的制造厂采用的工艺技术也不尽相同。当前使用最广泛的是铜箔蚀刻法,即将设计好的图形通过图形转移到覆铜板上形成防腐蚀图形,然后用化学腐蚀除去不需要的铜箔,从而获得导电的图形。

目前制作印刷电路板的工艺有很多种,大致可归类为以下几种:

(1) 加成法。在绝缘基板上直接制作金属电路的方法称为加成法。加成法有以下几种:

- ① 金属箔冲压法。
- ② 金属涂料印刷法。
- ③ 金属粉末压制法。
- ④ 金属喷涂法。
- ⑤ 真空处理法。
- ⑥ 电镀法。

(2) 减成法。在绝缘基板的金属化表面(铜箔)上有选择地除去不需要的金属部分而得出电路的方法称为减成法。常用减成法有:

- ① 机械雕刻法。

② 腐箔法。

(3) 金属电路和绝缘基板同时制作。

① 单面印制。

② 双面和多层印制。

双面和多层印制能适应较复杂的电路的制作和使用。尽管电路采用印制的工艺较为复杂,制板较困难,单件生产价格贵,不能多次拆装,但由于它与普通的电路相比,具有尺寸小,简化装配工序,提高安装效率,便于机械化生产、装配、焊接,减少接线和错误,增加电路工作的可靠性,使检查和测试简单,零件少,减少了加工和检验,设计简单、灵活,缩短了设计时间等特点,目前被广泛采用。现在电子工业的各种产品几乎都离不开印制电路。

二、印刷电路板制作方法

印刷电路板的制作工艺技术发展很快,不同类型和不同要求的印刷电路板采用不同的制作工艺,但其中有一些必不可少的基本环节是类似的。下面以单面印刷电路板的生产流程为例,论述“腐箔法”(全称是“腐蚀铜箔法”)制作印刷电路板的步骤。

(1) 绘图。绘图可分为手工方式绘图和计算机辅助方式绘图两种。

① 手工方式绘图。即要确定布线方式、印刷电路板的大小和形状,考虑元器件的布局,然后绘出元器件引脚的位置图,最后才进行连线及画出印刷电路板组装件的装配图。

② 计算机辅助方式绘图。即要由电路设计人员提供原理图、逻辑图、元件表和成品技术要求,并要考虑电阻、电流、电压及导线间的分布参数(如分布电容、分布电感等)。然后利用 CAD 软件(如 PROTEL99SE、MULTISIM 等)绘出电路原理图,再对原理图进行后处理(CAD 软件对原理图进行处理,生成网络表文件、连线表文件、元件明细表文件和错误信息文件等)。最后进行元件的布局及布线。

无论采取何种方式,印刷电路板图都必须符合电路原理图的电气连接和电气、机械性能的要求。

(2) 覆铜板下料及清洗。根据印刷电路板图的大小、形状及产品要求,选择覆铜板的材料、厚度。然后清洗覆铜板上的油污、氧化层等。

(3) 制作印刷电路板原版底图。将印刷电路板图贴在覆铜板上,可用光绘法或照相法完成,即用光绘或照相的技术将印刷电路板图转移到覆铜板上。

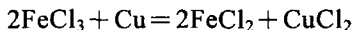
印刷电路板原版底图必须要高标准、严要求地完成,因为这将直接影响到成品印刷电路板的精度。

(4) 涂胶。在干净的覆铜板上,有铜箔的一面涂上光敏抗蚀剂(或称感光胶)。注意光敏抗蚀剂有负性和正性之分,即负性的要用正相照相底版,正性的要用负相照相底版。

(5) 曝光。用灯光透过照相底版,照射涂有光敏抗蚀剂的覆铜板,使图上有线条处的地方未经感光(涂负性抗蚀剂的)或经感光(涂正性抗蚀剂的)而形成保护层。

(6) 蚀刻。蚀刻是指利用化学或电化学的方法,对涂有抗蚀剂并经感光显影后的覆铜板上未感光部分的铜箔腐蚀除去,在印刷电路板上留下精确的线路图形。

蚀刻又称为腐蚀,是将曝光后的覆铜板放在浓度为 30% 的三氯化铁溶液中浸泡,无保护层的铜箔被腐蚀(化学切削)掉。其化学反应方程式为



上述采用照相制版、涂胶、曝光、腐蚀等手段在金属或其他基体上形成精确的图形的金属加工方法称为光化学切削。

(7) 清洗。当蚀刻完成后,要将覆铜板立即用水彻底冲洗干净,以免化学污染,影响电路板的寿命。

(8) 除胶。用光抗蚀剂的去除剂(有机溶液)除去覆铜板的保护层,裸露出铜箔线条,必要时镀上一层银,在与插座连接的地方镀一层金,以提高耐腐蚀性。

(9) 钻孔。根据印刷电路板设计时确定的孔径,钻出清洁、无毛刺的孔(或冲孔)。

(10) 涂助焊剂。在覆铜板上涂一层助焊剂(即助焊剂,又称层保护膜),这样在防止印制导线氧化的同时,还可以起到绝缘和助焊的作用。

上述制作印刷电路板的方法,一般为专业厂家批量生产所采用。但作为平时试制一个,或制作为数不多的电路板,则可以省却上述某些步骤。我们可以先在一般的纸上画出 1:1 的印刷电路图,然后将该图用复写纸覆画在清洁的覆铜板上,再用油漆或油墨等抗蚀剂直接将需要的线条涂覆,待干燥后,即可进行腐蚀、冲洗等步骤。

三、印刷电路板版面设计原则

印刷电路板性能的好坏,在很大程度上取决于绘图这一工序。绘图的总原则是密度适宜、整齐均匀、重下动上、入出远离、互不交叉、就近走线。绘图时需注意下列问题:

① 元件间的距离。根据元件工作时的发热情况,合理安排元件的位置,一般不小于 5 mm。

② 导线宽度。根据导线中通过电流的大小决定导线宽度。一般通过小电流的导线宽为 0.8~1 mm,地线为 1.5 mm,主电源线为 1.2 mm。通过大电流的导线可适当加宽。

③ 导线间的距离。一般不小于 0.8 mm。

④ 孔径。根据元件引线的粗细决定孔的内外径,一般穿线孔的内径为 0.8 mm,外径为 2.3 mm,穿元件引线孔的内径为 1 mm,外径为 3 mm。

⑤ 拐弯、相交曲线过渡。导线拐弯处和两线相交处均须以曲线过渡,内径大于 2 mm。

⑥ 双面印刷板。双面印刷板正、反面图纸上的孔位置要对准。

⑦ 图。图形清晰、黑白分明。

⑧ 孔。一孔只穿元件的一根引线,或一根导线。

⑨ 元件与孔。元件的引线数应与电路板上的孔数相等;原电路图上的接点数应与印刷电路图上的导线数相等。

⑩ 注释。可在印刷电路图的适当位置标以电路的名称代号,以利辨认。

另外,在制作电路板的过程中,腐箔也是很关键的工序。溶液的浓度要合适,温度要适宜,不得超过 50 °C,不需要的金属部分被腐蚀干净后应立即用水冲洗干净。制成的电路板

上的线条不能有砂眼，边缘要整齐，不能有未腐蚀掉的残余铜渣或隐丝，钻孔后的电路板也应处理干净后才能涂助焊剂。对于要求高的电路板，在焊接元件并经调试合格后，还要涂一层起防潮、防霉、防化学污染作用的保护层。

第三节 焊接工艺

电子产品的可靠性与焊接工艺好坏密切相关，焊接质量差的电路板，会给整机的调试和今后的正常使用带来严重的影响，因此必须对焊接工艺给予关注。

一、电子产品的焊接

焊接是通过一定的工艺用材料将印刷电路板上的电路与元器件进行有效的电和物理的连接固定。

电子产品焊接多采用钎焊，即被连接的材料不熔化，用熔点较低的金属或合金来达到连接焊接。

电子产品的焊接方法分为两大类，第一类为波峰焊接，它是现代化生产所采用的技术焊接。波峰焊接的实质工艺是通过自动控制用“浸”的手段对焊点成批量地同时焊接。该方法适用于大密度元件和集成电路或成批量的焊接生产。其优点是对焊点的温度和焊接时间可有效定量控制，其质量可靠稳定。第二类为手工焊接，即采用电烙铁手工单点焊接。其优点是焊接设备简单，但生产过程慢，效率低，焊接质量因人而异，操作因素影响不易控制。手工焊接适用于少量制作与维修、实验及简单的生产。

在一般情况下，常采用手工焊接的方式。电烙铁手工焊接工艺和技术也是工程技术人员必须掌握的基本技能。

二、焊接质量要求

焊接质量直接影响整机工作的可靠性与稳定性。无论是大批量生产流水线上采用的波峰焊接，还是小批量手工焊接，对其质量要求都是一样的。

- ① 焊接可靠。保证良好的导电性能，防止虚焊和漏焊。
- ② 焊接牢固。保证一定的机械强度，防止因振动、冲击等原因造成焊点松脱。
- ③ 焊点美观整洁。保证易于检修和电路板的安装。

三、焊料和电烙铁

焊料和电烙铁是手工焊接必备的基本材料和工具。

1. 焊 料

焊接电子电路时常用“焊锡”作为焊料。对于焊料，要求它有较好的流动性、附着性、一定的机械强度、良好的润湿性、宽度不大的凝固区域、熔点低、耐腐蚀、使用方便。

电子工业中用得最广泛的焊料是简单的铅锡混合物，含有大约 60% 的锡的合金具有良好的润湿性，一般常用的焊锡成分大致为：锡 63%，铅 36.5%，其他金属如铋、锑或镉 0.5%，其熔点温度约为 190 °C，且凝固温度区域不大（即由液态到固态几乎不经过半凝固状态，从而可以使焊点迅速凝固，缩短焊接时间，避免焊点松动）。焊锡常做成棒、条、线等形状，常用的是中间充填有助焊剂（松香）的焊锡丝（线状）。

另外，上面提到的助焊剂的作用是除去轻微的油污，防止被焊接的金属受热氧化，有助于焊锡润湿焊件，增加焊料的流动性。常用的焊剂是无腐蚀性的松香，它有黄色和褐色两种，以淡黄色的较好。为了使用方便和焊点干净，可将松香溶解于酒精中，配成松香酒精剂。它的配方是：松香 20%，酒精 78%，三乙醇胺 2%（没有三乙醇胺也可以）。焊接时可将松香酒精液点少许在焊接处。

此外尚有焊锡膏、氯化锌、盐酸等半腐蚀性或腐蚀性的焊剂，但电子设备电路焊接时禁用这些焊剂。

2. 电烙铁及其使用

常用的电烙铁有 220 V 等级，20 W，25 W，45 W，75 W，100 W，200 W 等规格。另外，还有 24 V 或 36 V 低电压等级的，20 W，25 W…规格。根据焊接面的大小、元件的大小和导线的粗细来选择电烙铁。一般焊接小功率元件和集成电路等小型元器件时，宜选用 25 W 以下的电烙铁，焊接粗导线或大型元件时可选用 75 W 及其以上的电烙铁。

烙铁头的形状和温度对焊接质量有重要的影响。常用的烙铁头有直形和弯形两种，烙铁头顶端的形状有扁形、圆形等，如图 1.2 所示。

烙铁头用紫铜或其他合金制成。它有良好的润湿性，热容量高，导热性好。烙铁头的温度一般在 250 °C 时为宜，过热易将烙铁头“烧死”（氧化），不易挂锡，焊点发暗；不够热时，焊锡不易流动，焊不牢，费时间。发现过热时可将烙铁头向外拔出一些，不够热时将烙铁头往里塞一些。

烙铁头要经常保持清洁整齐，随时除去上面的黑色氧化物。当有豁口时，应用锉刀进行修整。

对于新用或“烧死”的电烙铁，均需在烙铁头上上锡。上锡过程为：先清洁烙铁头，然后通电，待温度升高后立即在烙铁头上涂助焊剂，然后蘸锡，直至烙铁头顶端部分均匀挂上了一层焊锡为止，接下来就可以使用电烙铁焊接了。

至于电烙铁的握法，可用握笔式或掌握式。小型的电烙铁宜用握笔式，使用时较为灵活；掌握式一般在用大的电烙铁时采用。

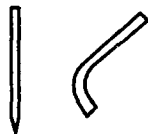


图 1.2 烙铁头的形状

四、焊接注意事项

1. 可焊性

所谓元器件的可焊性是指在被焊件表面形成浸润性焊点的能力，它表征了焊接焊点的质

量,这里的可焊性指的是元器件或印刷电路板。

为了增强元器件的可焊性,现在新出厂的元件引线都是经过电镀涂覆工艺处理的镀锡引线,使用旧元器件时,要对其引线进行处理,刮去氧化层后用烙铁挂锡,以提高可焊性。

在印刷电路板的处理上,一般新制作的电路板,其表面都经过保护处理,只要不将其表面污染即可。而旧的印刷板在使用前要将金属面的氧化层用细砂纸轻轻打磨干净后,再轻轻涂覆一层松香液用以保护印制线路并增强可焊性。

2. 焊点质量

质量好的焊点应是连接处牢固光滑、整洁、大小适中。质量不好的焊点通常称为虚焊,它实质上是被焊元器件和电路以及焊锡之间浸润性不好的表现。判断虚焊的办法是摇动一下被焊件,如可摇动则为虚焊。但不能摇动的也不一定都是质量好的焊点,具体情况要具体处理。各种焊点如图 1.3 所示。

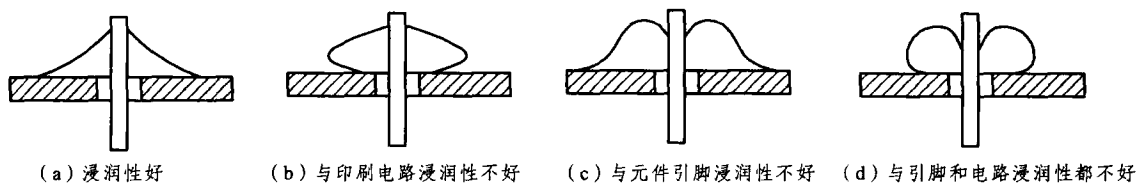


图 1.3 各种焊接结点质量情况

3. 防止因过热损坏元器件和电路板

在焊接过程中,为了防止电烙铁产生的热量损坏元器件,元器件要架高 2~5 mm,反面留出 2 mm,如图 1.4 所示。而在焊接时间控制上,焊接一般元器件应控制在 3~4 s 内,集成电路芯片应控制在 2~3 s 内。晶体管和集成电路芯片焊接还要用镊子夹住元器件根底部散热,防止热量传导到元器件内部而损坏元器件。

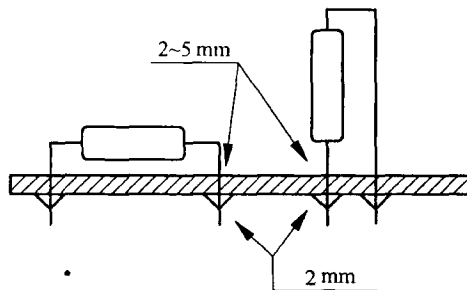


图 1.4 元器件架空和面与电路板的距离

4. 不要带电焊接

元器件在检修或组装时不要在带电状态下进行焊接,尤其是集成电路芯片和晶体管。有的特殊器件在焊接时,电烙铁必须在断电状态下焊接,同时烙铁头接地。

在进行焊接工作时,我们应养成良好的工作习惯,既紧张,又要有次序。工作场地应布置得有条有理,工具、元件、仪表等都应摆放整齐,以免摔坏或烫坏。对于右手握电烙铁的人来讲,插电烙铁的电源插座最好装在右侧,这样既便于操作,又不致烫坏电源线而引起触电或短路事故。要经常检查电烙铁的电源线和铁壳的绝缘情况。工作中要防触电,防烫伤,不要到处乱甩锡。另外要防火灾,不要将电烙铁放在木板或桌子上,应放在烙铁架上,用完后及时拔掉电源插头,断开电源开关。

第二章 电子元器件

电子元器件是在电路中具有独立电气性能的基本单元，是构成电子电路和电子产品的基础。正确选择和使用各类电子元器件是保证电子产品质量及可靠性的关键。因此，熟悉和掌握各类电子元器件的性能、特点及其用途，对设计和安装调试电子产品有着非常重要的作用。本章主要介绍一些常用电子元器件的性能、用途及其判别方法。在设计电子产品时，要想详细地了解某种电子元器件的性能指标，则可查阅相应的资料手册。

第一节 电阻器与电位器

电阻是一种消耗电能并将其转换为其他能量的物理特性器件，英文名 **resistance**，通常缩写为 **R**。电阻元件的基本性质与其尺寸、材料和温度有关。在电路中起电阻作用的元件称为电阻器，通常简称电阻。

一、电阻器的分类、型号命名及图形符号

电阻器通常分为两大类：固定电阻（又称电阻器或电阻）和可变电阻（又称电位器）。

根据国家标准 GB 2470—81 的规定，电阻器和电位器的型号一般由四部分组成，如图 2.1 所示。

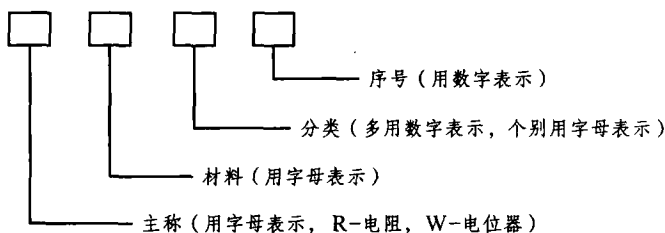


图 2.1 电阻器和电位器的型号命名

电阻器和电位器的主称、材料和分类代号及其意义如表 2.1 所示。

表 2.1 电阻器和电位器的主称、材料、分类代号及其意义

第一部分（主称）		第二部分（材料）		第三部分（分类代号）		
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
					电阻器	电位器
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通
W	电位器	J	金属膜	2	普通	普通
		Y	氧化膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		S	有机实心	6		
		N	无机实心	7	精密	精密
		X	线绕	8	高压	特殊函数
		I	玻璃釉膜	9	特殊	特殊
				G	高功率	
				T	可调	
				W		微调
				D		多圈
				X		小型

几种常见电阻器的图形符号如图 2.2 所示。

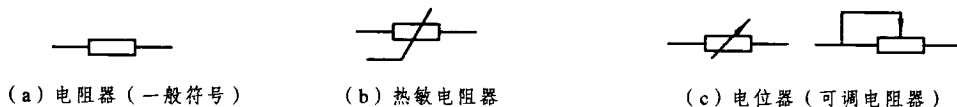


图 2.2 常见电阻器的图形符号

二、电阻器

电阻器（简称电阻）受欧姆定律的约束，当电阻上电压与电流为关联参考方向时，定义为

$$R = \frac{u}{i}$$

式中，电阻的基本单位用欧姆（ Ω ）表示。电阻阻值的常用单位还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。电阻在电路用“ R ”加数字表示，如“ $R15$ ”表示编号为 15 的电阻。电阻在电路中的主要作用为分流、限流、分压、偏置、滤波（与电容器组合使用）和阻抗匹配等。

1. 电阻的主要技术指标及标志方法

电阻的主要技术指标有标称阻值、允许偏差（精度等级）、额定功率、温度系数、稳定性等，使用中通常只考虑标称阻值、允许偏差和额定功率等参数。

1) 标称阻值及允许偏差

为了便于批量生产，并且让使用者能够在一定范围内选用合适的电子元器件，规定出一系列的数值作为产品的标准值，称为标称值。电阻器上所标注的阻值称为标称阻值。实际生产出来的电阻器阻值与标称值不可能完全一致，电阻标称值与实际值之间允许的最大偏差称为电阻器的允许偏差。

(1) 阻值。阻值是电阻器的主要参数之一。不同类型的电阻器，阻值范围不同；不同精度等级的电阻器，其阻值系列也不尽相同。普通电阻标称值系列见表 2.2。表 2.2 中的标称值可以乘以 10, 100, 1 000, 10 k, 100 k, 如 1.0 这个标称值，就有 1.0 Ω , 10.0 Ω , 100.0 Ω , 1.0 k Ω , 10.0 k Ω , 100.0 k Ω , 1.0 M Ω , 10.0 M Ω 。如果没有与设计阻值完全一致的电阻，则只能根据精度要求选择相应系列接近的规格。例如，没有允许偏差 $\pm 5\%$ 的 4 k Ω 的电阻，我们只能选择 3.9 k Ω 的电阻。

表 2.2 普通固定电阻标称阻值系列

标称值系列	允许偏差	标 称 阻 值 系 列
E24	I 级 $\pm 5\%$	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E12	II 级 $\pm 10\%$	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E6	III 级 $\pm 20\%$	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

(2) 允许偏差（精度等级）。不同的允许偏差也称为数值的精度等级（简称精度）。对于不同的系列，允许偏差值也不同。表 2.3 是常用电阻允许偏差的等级。不同的电路对电阻的误差有不同的要求。一般电子电路，采用 I 级或者 II 级就可以了。

表 2.3 常用电阻允许偏差的等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
级 别	005	01	02	I	II	III

(3) 标志方法。由于电阻表面积有限，而且对参数的关心程度不同，对于 1/8~1/2 W 的小功率电阻，通常只将电阻标称值和允许误差标注于电阻体上。电阻的参数标志方法有 3 种，即直标法、文字符号法和色环标注法。

① 直标法。把电阻器的主要参数直接印制在电阻体表面上的方法称为直标法，如图 2.3 所示。如果未标出阻值单位，则为 Ω 。如果未标出允许偏差，则允许偏差为 $\pm 20\%$ 。

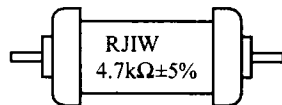


图 2.3 电阻值的直标法

② 文字符号法。用阿拉伯数字和文字符号有规律的组合来表示电阻阻值和允许偏差的方法称为文字符号法，基本标志单位为 Ω 。随着电子工艺的发