

电子工艺实习指导书

苗汇静 王立新 编

山东理工大学

电子工艺实训学生守则

电子工艺实训是一门实践性课程，是理工科学生工程实训的环节之一。通过实训应学到有关电子工艺基础知识，培养一定的实践动手能力和综合能力，培养工程意识和严谨、细致、实干的科学作风。

参加实训的学生应认真听讲，虚心学习，独立动手实践；严格遵守实验室安全操作规程及有关的规章制度；严格遵守课堂纪律，爱护公共财产；加强团结互助精神，树立正确的实训态度和严谨的科学作风。认真、积极、全面地完成实训任务。

为贯彻上述要求，特作以下规定：

1. 必须听从教师指导，严格遵守安全操作规程。不准违章操作，未经教师允许不准启动任何非自用设备、仪器、工具等；操作项目和内容必须按实训要求进行。

2. 必须严格遵守实训课堂纪律。实训中不得擅离工作岗位，不得干与实训无关的事情。

3. 实训教室内不准吸烟、吃零食，不准带无关人员到实训教室活动。

4. 爱护公共财产，丢失工具需照价赔偿。

5. 必须严格遵守考勤制度。

(1) 实训期间一律不准请事假，特殊情况需经辅导员或有关领导批准，事前报告实训负责教师。

(2) 病假需持医院证明及时请假，特殊情况亦须尽早补交正式证明。否则以旷课论。

(3) 凡病事假超过3天，或迟到早退三次以上，或旷课一次（半天）以上，本次实训不能通过。

6. 严格遵守值日制度和自查及互查制度，保证实训环境良好。

目 录

实训项目一	安全用电.....	1
实训项目二	电子元器件的识别与测试.....	4
实训项目三	锡焊技术.....	9
实训项目四	常用电子仪器仪表使用.....	11
实训项目五	多路输出稳压电源及充电器的设计与焊接调试.....	14
实训项目六	放大器和积分器的设计仿真及安装调试.....	15
实训项目七	表面安装技术（SMT）.....	21
实训项目八	SMT 产品安装工艺.....	26
实训项目九	电子实训产品.....	32
实训项目十	PCB 印刷电路板的设计与制作.....	35

实训项目一 安全用电

一、目的

让学生学会安全用电，以保证电子工艺实训及以后用电安全。

二、要求

掌握安全用电常识，养成科学、严谨的用电习惯。

三、安全用电常识和操作规程

1. 触电形式

(1) 单相触电：在中性点接地的电网中，当人体接触到带电设备或线路中的某一相导体时，一相电流通过人体经大地回到中性点，这种触电形式称为单相触电。

(2) 双相触电：当人体同时接触带电设备或线路中的两相导体时，电流从一相导体通过人体流入另一相导体，构成一个闭合回路，这种触电形式称为两相触电。

(3) 间接触电：平时人体接触正常的家用电器设备时，不会发生触电事故，只有当设备发生故障或漏电时，才可能引起触电，这种触电形式称为间接触电。

(4) 静电触电：在日常的检修或科研工作中，有时会发生电器设备已经断开电源，但在接触设备某些部分时会发生触电现象，这种触电形式称为静电触电。这主要是由高压大容量电容器放电引起的，或者是因摩擦而产生静电的情况下所引起的有一定危险的触电现象，特别是质量好的电容器能够长期储存电荷，容易被忽略，因此在检修这类设备时，应事先放电后再检修。

(5) 跨步电压：在故障设备附近，例如电线断落在地，在接地周围存在电场，当人们走近这一区域时，将因跨步电压存在而使人体触电。此时应该采取单足跳跃远离电线断落处，脱离危险区。

2. 电流强度对人体的影响

(1) 感应电流：当通过人体的交流电流达到 0.6~1.5 毫安时，触电者便感到微麻和刺痛，这一电流值一般称为人对电流有感觉的临界值，简称感知电流。感知电流的大小因人而异，成年男性，平均感知电流约为 1.1 毫安，成年女性约为 0.7 毫安。

(2) 摆脱电流：人触电后能自主摆脱电源的最大电流，称为摆脱电流。摆脱电流也因人而异，成年男性，平均摆脱电流约为 16 毫安，成年女性约为 10.5 毫安。

(3) 致命电流：在较短时间内危及生命的电流称为致命电流。人体通过数十毫安以上的工频交流电流，既可能引起心室颤动或心脏停止跳动，也可能导致呼吸中止。

3. 触电部位

(1) 中枢神经和心脏最危险(从左手到前胸)。

(2) 其次是右手到脚。

(3) 再次是左手到右手。

(4) 左脚到右脚的伤害相对较小。

4. 电压对人体的影响

(1) 人体的安全电压为 36V。

(2) 当电压很高而电阻又相对较小时，会导致电流升高。因此高压对人体是有害的。

(3) 一般高压设备在 250V 以上，低压设备在 250V 以下。

5. 触电急救

触电急救必须分秒必争，立即就地进行抢救，并坚持不断地进行，同时及早与医疗部门联系，争取医务人员接替救治。在医务人员未接替救治前，不应放弃现场抢救，更不能只根据没有呼吸或脉搏擅自判定伤员死亡，放弃抢救。只有医生有权做出伤员死亡的诊断。

(1) 脱离电源的方法

触电急救的第一步是使触电者迅速脱离电源，因为电流对人体的作用时间越长，对生命的威胁越大。

① 脱离低压电源的方法

脱离低压电源可用“拉”、“切”、“挑”、“拽”、“垫”五字来概括。

拉：指就近拉开电源开关。

切：当电源开关距触电现场较远，或断开电源有困难，可用带有绝缘柄的工具切断电源线。切断时应防止带电导线断落触及其他人。

挑：当导线搭落在触电者身上或压在身下时，可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线，或用干燥的绝缘绳套拉导线或触电者，使触电者脱离电源。

拽：救护人员可戴上手套或在手上包缠干燥的衣物等绝缘物品拖拽触电者，使之脱离电源。如果触电者的衣物是干燥的，又没有紧缠在身上，不至于使救护人直接接触及触电者的身体时，救护人才可用一只手抓住触电者的衣物，将其拉开脱离电源。

垫：如果触电者由于痉挛，手指紧握导线，或导线缠在身上，可先用干燥的木板塞进触电者的身下，使其与地绝缘，然后再采取其他办法切断电源。

② 脱离高压电源的方法

由于电源的电压等级高，一般绝缘物品不能保证救护人员的安全，而且高压电源开关一般距现场较远，不便拉闸。因此，使触电者脱离高压电源的方法与脱离低压电源的方法有所不同。

立即电话通知有关部门拉闸停电；如果电源开关离触电现场不太远，可戴上绝缘手套，穿上绝缘鞋，使用相应电压等级的绝缘工具，拉开高压跌落式熔断器或高压断路器；抛掷裸金属软导线，使线路短路，迫使继电保护装置动作，切断电源，但应保证抛掷的导线不触及触电者和其他人。

③ 注意事项

应防止触电者脱离电源后可能出现的摔伤事故；未采取绝缘措施前，救护人不得直接接触触电者的皮肤和潮湿衣服；救护人不得使用金属和其他潮湿的物品作为救护工具；为使触电者与导电体解脱，最好用一只手进行，以防救护人触电；夜间发生触电事故时，应解决临时照明问题，以利救护。

(2) 现场救护

触电者脱离电源后，应立即就近移至干燥通风处，再根据情况迅速进行现场救护，同时应通知医务人员到现场。

① 触电者所受伤害不太严重如触电者神智清醒，只是有些心慌、四肢发麻、全身无力，一度昏迷，但未失去知觉，可让触电者静卧休息，并严密观察，同时请医生前来或送医院救治。

② 触电者所受伤害较严重触电者无知觉、无呼吸，但心脏有跳动，应立即进行人工呼吸；如有呼吸，但心脏跳动停止，则应立即采用胸外心脏按压法进行救治。

③ 触电者所受伤害很严重触电者心脏和呼吸都已停止、瞳孔放大、失去知觉，应立即按心肺复苏法（通畅气道、人工呼吸、胸外心脏按压），正确进行就地抢救。

6. 安全用电操作规程

(1) 使用电烙铁等发热电器时，必须配备铁支架，防止烫坏设备及发生火灾。

(2) 不得带负载合闸，必须在电气设备关机状态下合闸。

(3) 电气设备机电能源线路出现异常情况时，应首先切断电源，不得带电行动，绝对不准自行拆修。

(4) 不得用湿手接触开关、插座、灯头、刀闸等电器设备，更不要用湿布去擦拭和用水冲洗电气设备。

(5) 发现有人触电，应立即切断电源，用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，不可用泡沫灭火器或水进行灭火。

(6) 使用台灯，更换螺口灯泡时，不要触及金属部分，并切断电源。使用仪器设备时，不要触及金属部分。

(7) 离开实验台时，必须关掉仪器设备的电源，切断实验台总电源。

实训项目二 电子元器件的识别与测试

一、实训目的

1. 了解常用电子元器件（如：电阻、电容、电感、变压器、二极管、三极管、单结管、晶闸管、数码管、接插件、开关、集成电路、电声器件等）的种类、结构、参数、性能等。
2. 学会识别、选用、测量、安装各类电子元器件。

二、实训器材

1. 数字万用表。
2. 各种常用电子元器件。
3. 电子元器件展板。
4. 多媒体设备等。

三、电子元器件的识别与测试

特殊的元器件检测需要多种通用或专用测试仪器，一般性的技术改造和电子制作，利用万用表等普通仪表对元器件检测，也可满足制作要求。

1. 电阻器

- (1) 根据电阻器上的标志识别电阻器的阻值。
- (2) 用万用表准确测量电阻器的阻值。

2. 电位器

- (1) 用万用表测量电位器固定端的阻值。
- (2) 用万用表检测电位器活动端的性能。

3. 电容器

- (1) 根据电容器的标志识别电容器的容量。
- (2) 用万用表（具有电容测量档的数字万用表）测量电容器的容量。
- (3) 小电容（ $C \leq 0.1\mu\text{F}$ ）可测短路、断路、漏电故障。常用测电阻的方法：正常情况下，电阻为无穷大，若电阻接近或等于零，则电容短路；若为某一数值，则电容漏电。
- (4) 电解电容正负极性的判断
 - ① 引脚较长的一端为“+”极，引脚较短的一端为“-”极。
 - ② 标有“-”标志的一端为“-”极。
 - ③ 用万用表判断：用红、黑表笔接触电容器的两引脚，记住漏电电流的大小。然后将电容器的正、负引脚短接一下，将红、黑表笔对调后，再测漏电电流，漏电电流小的一次，与黑表笔相接的引脚为“+”极。

(5) **注意：**由于电容器具有储存电荷的能力，因此，在测量或触摸大电解电容器时，要先将两个引脚短路一下（方法是：手拿带有塑料柄的螺丝刀，然后用金属部分将引脚短路），以将电容器中存储的电荷泻放，否则，可能会损坏测试仪表或出现电击伤人的意外情况。

4. 电感器

- (1) 根据电感器的标志识别电感器的电感量。
- (2) 用万用表（具有电感测量档的数字万用表）测量电感器的电感量。
- (3) 电感线圈的测量：可用万用表的欧姆档测线圈的直流电阻，若电阻为零或接近零，则说明线圈短路或局部短路；若电阻为无穷大，则说明线圈断路。
- (4) **注意：**在测电感器时，数字万用表的量程选择很重要，最好选择接近标称电感量的量程去测量；否则测试结果将会与实际值有很大的误差。

5. 变压器

(1) 初、次级绕组的判别：电源变压器的初级绕组引脚和次级绕组引脚通常是分别从两侧引出的，并且初级绕组多标有 220V 的字样，次级绕组则标出额定输出值，如：15V、24V、35V 等。对于输出变压器，初级绕组电阻值通常大于次级绕组电阻值。

(2) 线圈通/断的检测：用万用表检测变压器线圈绕组两个接线端子之间的电阻值，若某个绕组的电阻值为无穷大，则说明该绕组有断路性故障。

若电源变压器发生短路性故障时，主要现象是发热严重和次级输出电压失常。

(3) 直流电阻的检测：可用万用表测量变压器绕组的电阻值。一般情况下，输入变压器的电阻值较大，初级多为百欧姆，次级多为 1~200Ω。输出变压器的初级多为几十~上百欧姆，次级多为零点几~几欧姆。

6. 二极管

(1) 二极管简介

二极管 (Diode) 是常用半导体组件之一。二极管有正、负两个引脚。正端称为阳极 A，负端称为阴极 K。二极管内部由一个 PN 结构成，具有单向导电性，电流只能从阳极流向阴极。二极管种类很多，二极管的电路符号如图 2-1 所示。

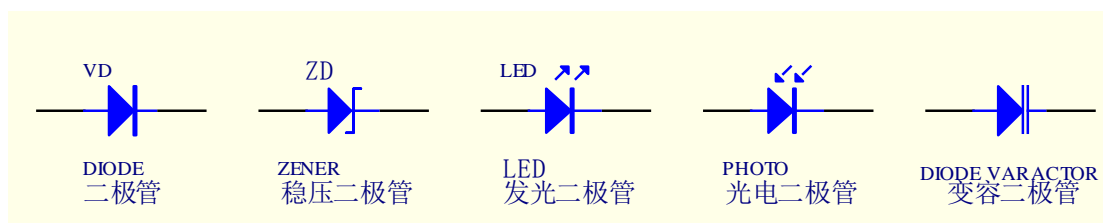


图 2-1 二极管的电路符号

(2) 二极管的识别

①普通二极管：在电路中常用“VD”或“D”表示，有标记的一端为“-”极。

②稳压二极管：在电路中常用“ZD”表示，有标记的一端为“-”极。

③金属封装二极管：螺母部分通常为“-”极。

④发光二极管：通常用引脚长短来识别，长脚为“+”极，短脚为“-”极。还可以用内部电极来识别，一般来说，电极较小、个头较矮的一个为“+”极，电极较大的一个为“-”极。对于贴片发光二极管，有缺口的一端为“-”极。

(3) 二极管的测试

①测试二极管的正向压降：用数字万用表的二极管档测试二极管时，红表笔接二极管的“+”极，黑表笔接二极管的“-”极，此时显示屏上即可显示二极管的正向压降值。不同材料的二极管，其正向压降值不同，一般锗管为 0.15~0.30V，硅管为 0.4~0.70V。

②用万用表的电阻档测试二极管的正、反向电阻值，可以判断二极管的极性和好坏。

③发光二极管 LED 的测试：将数字万用表拨至二极管档，红表笔接 LED 的正极，黑表笔接 LED 的负极，LED 发光。也可以将数字万用表拨至 H_{FE} 档，LED 的正、负极分别插入 NPN 的 C、E 孔，LED 发光。（注意：由于电流较大，点亮时间不要太长）。

7. 三极管

(1) 三极管简介

晶体三极管 (Transistor) 也称晶体管或三极管。晶体三极管是双极型晶体管 (Bipolar Junction Transistor, BJT) 的简称，是常用半导体组件之一，具有电流放大和开关作用。三极管种类很多，三极管的结构和电路符号如图 2-2 所示。

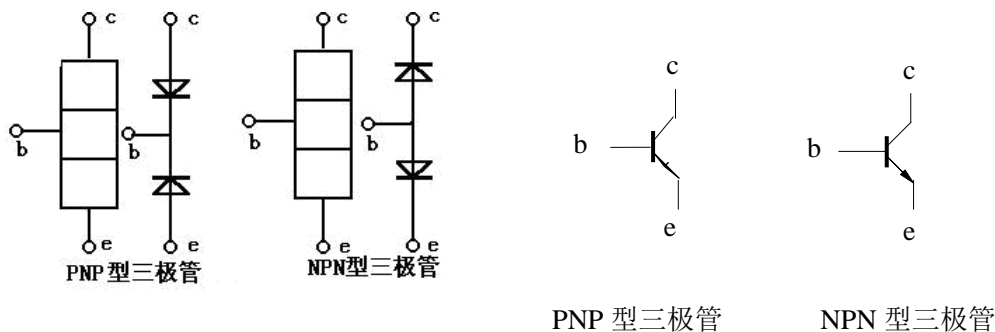


图 2-2 三极管的结构和电路符号

(2) 三极管引脚的识别

①三极管引脚的排列位置依其品种、型号及功能等不同而异。

②国产中、小功率金属封装三极管：一般在管壳上有一个小凸片，与该凸片相邻最近的引脚为“发射极”（或 e），中间引脚为“基极”（或 b），另一个引脚为“集电极”（或 c）。

③塑料封装三极管：通常的判别方法是三极管平的一面朝上，三个引脚朝向自己，从左到右，依次为 e、b、c。但不是所有塑封三极管都按照这种方法判别，其引脚的排列位置依其品种、型号等不同而异。还有一些塑封三极管，有时也会标出 e、b、c 引脚的名称。

④大功率金属封装三极管：其外壳通常为集电极（或 c），另外两个电极为基极（或 b）和发射极（或 e）。

(3) 三极管的测试

①用数字万用表判断三极管的电极：

将数字万用表拨至二极管档，红表笔固定任接某个引脚（假设三极管为 NPN 型）用黑表笔依次接触另外两个引脚，测试 PN 结的正向压降，如果两次显示值都小于 1V，则红表笔所接的引脚为“基极”（或 b）。其中数值较大的一次，黑表笔所接的为“发射极”（或 e），则另外一个管脚为“集电极”（或 c）。

若是 PNP 型三极管，则将红表笔换成黑表笔，方法同上。

②用数字万用表鉴别硅管与锗管：

在①的测试中，若所测的 PN 结正向压降值在 0.2V 左右（或小于 0.4V），则该管为锗管。若所测的 PN 结正向压降值在 0.6V 左右，则该管为硅管。

③用数字万用表测量管子的共发射极电流放大系数 h_{FE} 或 β 值：

将万用表拨在 h_{FE} 档，可以测出该管的 β 值。

8. 单结管

(1) 单结管简介

单结管是单结晶体管（Unijunction Transistor, UTJ）的简称，又名双基极二极管，是由一个 PN 结和三个电极构成的半导体器件。单结管的结构和电路符号，如图 2-3 所示。

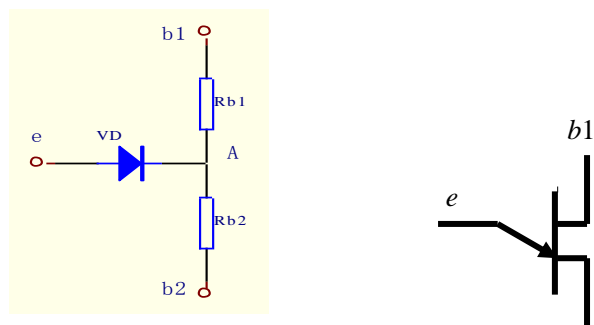


图 2-3 单结管的结构和电路符号 b_2

(2) 单结管引脚的识别与测试

①金属封装单结管：一般在管壳上有一个小凸片，与该凸片相邻最近的引脚为“发射极”（或 e），中间引脚为“第一基极”（或 b_1 ），另一个引脚为“第二基极”（或 b_2 ）。

②用数字万用表判别单结管的管脚极性：将数字万用表拨至二极管档，红表笔固定任接某个引脚，用黑表笔依次接触另外两个引脚，测试 PN 结的正向压降，如果两次显示值都在 1V 左右，则红表笔所接的引脚为“发射极”（或 e）。其中数值较大的一次，黑表笔所接的为“第一基极”（或 b_1 ），则另外一个管脚为“第二基极”（或 b_2 ）。

也可用万用表的电阻档判别 b_1 和 b_2 极，将数字万用表拨至电阻档，红表笔接 e 极，黑表笔依次接触另外两个引脚，分别测试 e 极对 b_1 、 b_2 极的正向电阻，其中电阻值较大的一次，黑表笔所接的为 b_1 ，则另外一个管脚即为 b_2 。注意在实际测试时，有时会出现相反的结果，若输出脉冲有特别要求时，可将 b_1 、 b_2 极对调使用；若无特别要求时，不需将 b_1 、 b_2 极对调。

9. 晶闸管

(1) 晶闸管简介

晶闸管是晶体闸流管（Thyristor）的简称，是一种大功率开关型半导体器件。它的出现使半导体器件由弱电领域扩展到强电领域。晶闸管具有硅整流器件的特性，能在高电压、大电流条件下工作，且其工作过程可以控制，故被广泛应用于可控整流、交流调压、无触点电子开关、逆变及变频等电子电路中。

晶闸管在电路中常用“SCR”加数字表示，其结构和电路符号如图 2-4 所示。

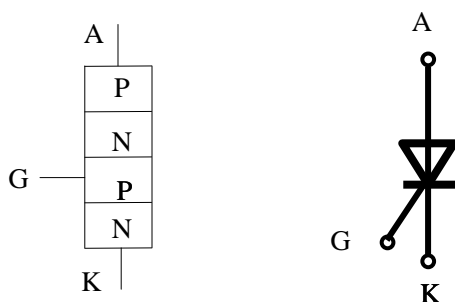


图 2-4 晶闸管的结构和电路符号

(2) 晶闸管引脚的识别与测试

①不同公司生产的单向晶闸管的引脚排列通常不一致，而双向晶闸管的引脚多数是按 T2、G、T1 的顺序从左至右排列（电极引脚向下，面对由字的一面）。对于螺栓型封装的晶闸管，通常螺栓是其阳极。

②用数字万用表判别单向晶闸管电极：将数字万用表拨至二极管档，红表笔固定任接某个引脚，用黑表笔依次接触另外两个引脚。如果在两次测试中，一次显示值小于 1V；另一次显示溢出符号，则表明红表笔接的引脚是阴极 K。显示值小于 1V 时的一次，红表笔接的引脚是控制极 G，则另一个引脚是阴极 K。

10. 开关和连接器

用测量小电阻的方法，可检测开关和连接器的好坏和性能，接触电阻越小越好，接触电阻通常小于 1Ω。用高阻档可检测开关和连接器的绝缘性能。

四、实训内容及步骤

1. 用色环标志法识别 6 只电阻的阻值和误差，并用万用表测试这 6 只电阻的阻值。
2. 识别并测试 3 只不同类型的电位器。

3. 识别并测试 6 只无极性电容和 3 只电解电容。
4. 识别并测试 6 只不同类型的电感器。
5. 识别并测试 2 只变压器。
6. 识别并测试 6 只普通二极管、3 只发光二极管。
7. 识别并测试 6 只不同类型的三极管。
8. 识别并测试 3 只单结管。
9. 识别并测试 3 只晶闸管。
10. 识别并测试 3 只不同类型的开关。
11. 完成实训报告。

实训项目三 锡焊技术

一、实训目的

1. 学习电子焊接技术的有关知识。
2. 熟悉电子焊接工艺、了解焊接技术的发展。
3. 掌握焊接方法、要求及其注意事项。
4. 了解焊料、焊剂的选择及其焊点质量的检查。

二、实训器材

1. 电烙铁、镊子、斜口钳、螺丝刀等电子焊接系列工具。
2. 焊锡、松香。
3. 各种电子元件、电路板等。
4. 多媒体设备等。

三、焊接指导

1. 焊料与焊剂的选择

焊料：一般常用焊锡作焊料。它具有较好的流动性和附着性。

焊剂：作用是除去油污，防止焊件受热氧化，增强焊锡的流动性。常用的焊剂是松香。

2. 电烙铁的选择

常用的电烙铁有外热式、内热式和速热式三种。一般功率不能过大，选用20~50W即可。若选用的功率过大，不易掌握火候，很容易使元件过热而损坏。

3. 焊点质量

焊点的质量直接关系到整块电路板能否正常工作，也是每个操作人员要学会并掌握的基本功。质量好的焊点称标准焊点，如图3-1 (a) 所示，在交界处，焊锡、铜箔、元件三者较好地融合在一起。

虚焊点，如图3-1 (b) 所示，在交界处，从表面看焊锡把引线给包住了，但焊点内部并未完全融合，焊点内部有气隙或油污等。产生虚焊点的主要原因是元件脚、印制电路板铜箔表面不清洁，或者电烙铁头温度偏低，元件脚、印制电路板铜箔与烙铁头接触表面太小导致受热太慢，温度不够，也有焊锡用量不当引起的。

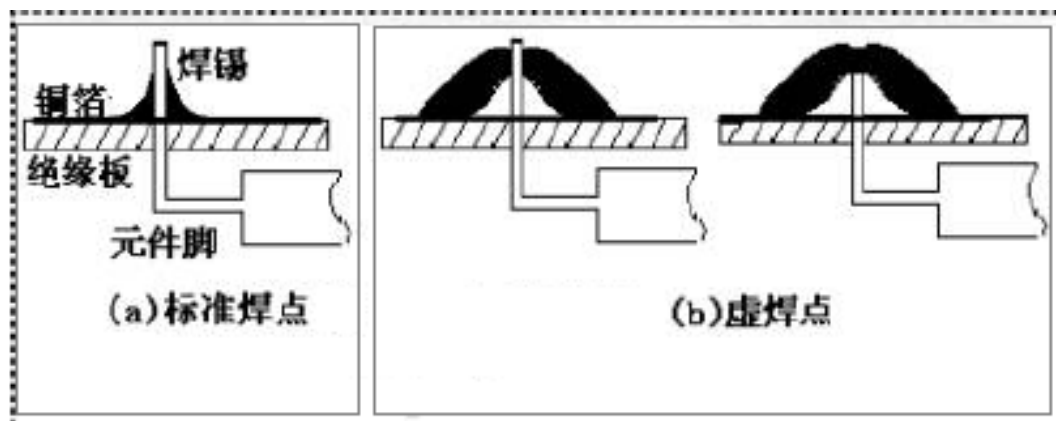


图3-1 焊接质量

4. 焊接五步法

焊接五步法，如图3-2所示。



图 3-2 焊接五步法

(1) 准备施焊

准备好焊锡丝和烙铁。此时特别强调的是烙铁头部要保持干净，即可以沾上焊锡（俗称吃锡）。

(2) 加热焊件

将烙铁接触焊点，首先要保证烙铁加热焊件各部分，例如印制板上引线和焊盘都使之受热，其次要注意让烙铁头的扁平部分（较大部分）接触热容量较大的焊件，烙铁头的侧面或边缘部分接触热容量较小的焊件，以保证焊件均匀受热。

(3) 熔化焊料

当焊件加热到能熔化焊料的温度后，将焊丝置于焊点，焊料开始溶化并润湿焊点。

(4) 移开焊锡

当熔化一定量的焊锡后，将焊锡丝移开。

(5) 移开烙铁

当焊锡完全润湿焊点后移开烙铁，注意移开烙铁的方向应该是大致 45° 的方向。

5. 焊接注意事项

(1) 防止触电，勿要烫伤入、电源线及衣物等。

(2) 电烙铁的温度和焊接的时间要适当，焊锡量要适中，不要过多。

(3) 烙铁头要同时接触元件脚和线路板，使二者在短时间内同时受热达到焊接温度，以防止虚焊。

(4) 切不可将烙铁头在焊点上来回移动。也不能用烙铁头向焊接脚上刷锡。

(5) 焊接二极管、三极管等怕热元件时应用镊子夹住元件脚，使热量通过镊子散热，不至于损坏元件。

(6) 焊接集成电路时，一定等技术熟练后方可进行，注意时间要短，同时在焊接电路板的时候要断开烙铁电源。

四、实训内容及步骤

1. 焊接工具的认识及使用。
2. 焊锡、焊料的认识及使用。
3. 五步法焊接训练。
4. 拆焊练习。
5. 焊接技巧练习。
6. 完成实训报告。

实训项目四 常用电子仪器仪表使用

一、实训目的

1. 了解常用仪器仪表的种类和用途。
2. 熟悉万用表、直流稳压电源、示波器、信号发生器等仪器的使用及操作。

二、实训器材

1. 数字万用表
2. 直流稳压电源
3. 信号发生器
4. 示波器
5. 测试用电路板和电子元器件
6. 多媒体设备

三、数字万用表的使用及操作

1. 数字万用表简介

数字万用表是以数字形式显示测量结果的万用表。它是利用模数转换原理，将被测量模拟量转换为数字量，经计算、分析、比较后显示测量结果的多功能、多量程仪表。与指针式万用表比较，内部结构发生了根本变化。具有读数直观清晰、测量精度高、分辨力强、测量范围宽、功能齐全等优点。常用数字万用表的显示位数一般分为：三位半、四位半、五位半等，与之相对应的数字显示最大值为：1999、19999、199999。

数字万用表可测量：直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、电容、电感、二极管、三极管、通断测试、温度、频率等。

2. 数字万用表的使用及注意事项

- (1) 使用前首先应熟悉万用表上各个功能开关、按钮、测试插座的功能及用法。
- (2) 万用表面板上的选档旋钮旁边标明的数字，代表测量时允许输入的最大值，即测量范围。
- (3) 测量电压时，数字万用表应与被测电路并联，测电流时应串联接在被测电路中，表本身具有自动转换并显示极性的功能，当测量直流电压和电流时，可不必考虑表笔的接法。
- (4) 测量高压时应注意安全，当电压超过几百伏时，应该单手操作，即将黑表笔固定在被测电路的公共端，红表笔去接触测试点。
- (5) 测量电阻器及检测二极管、检查线路通断时，红表笔带正电，黑表笔接 COM 插座而带负电，这与指针式万用表欧姆档极性正好相反，因此，当检测二极管、三极管、发光二极管、电解电容等有极性元件时，必须注意表笔的极性。
- (6) 数字万用表电阻档所提供的测试电流很小。测量二极管、晶体管正向电阻时，要比用指针式万用表欧姆档测量的值高出几倍，甚至几十倍，这时可改用二极管档来测试 PN 结正向压降，以获得准确的结果。
- (7) 严禁在电路带电的情况下，用数字万用表电阻档去测量电路的阻值。
- (8) 测量有极性的电解电容器时，应先将电容器放电再测量，以免损坏仪表。
- (9) 测量电压时，严禁输入超过 1000V 或交流 750V 有效值的极限电压。36V 以下为安全电压，在测高于 36V 直流、25V 交流电压时，要检查表笔是否可靠接触，是否正确连接，是否绝缘性能良好，以避免电击。
- (10) 当使用仪表进行测量时，绝对不要打开电池盖或后盖，以免有触电危险。

四、直流稳压电源的使用及操作

以 MPS-3000L 为例介绍直流稳压电源的使用及操作。

1. 直流稳压电源简介

MPS-3000L 直流稳压电源是一种具有输出电压（0~30V）和输出电流（0~3A）连续可调，稳压与稳流自动转换的高稳定性、高可靠性、高精度的多路直流稳压电源。可显示输出电压和输出电流数值，且具有固定 5V/3A 输出。另外，两路可调电源可进行串联或并联使用。

2. 电源面板各部件的作用与使用方法

①将开关（15）和（14）分别置于弹起位置（即⊥位置）。（注：电源面板各部件的标号，请见 MPS-3000L 型直流稳压电源的使用说明书。）

②作为**稳压电源**使用时，先将旋钮（6）与（8）顺时针调至最大，开机后，分别调节（5）与（7），使主、从动路的输出电压至需求值。本稳压电源可同时输出三路电压：一路固定电压+5V，两路可调电压 0~30V。

③作为**恒流源**使用时，开机后先将旋钮（5）与（7）顺时针调至最大，同时将（6）与（8）逆时针调至最小，接上所需负载，调节（6）与（8），使主、从动路的输出电流至需求值。

3. 注意事项

①发生短路或超负荷现象时，应及时关掉电源。

②本稳压电源属于大功率仪表，在满负荷使用时，应注意稳压电源的通风及散热。稳压电源的外壳和散热器温度较高，切记用手触摸。

③三芯电源线的保护接地端必须可靠接地，以确保使用安全。

五、示波器的使用及操作

1. 示波器简介

示波器是一种综合性的电信号测试仪器，它能把电信号转换成能直接观察的波形显示于荧光屏上，可以测量电信号的幅度、频率、周期、相位等。示波器的种类很多，有通用示波器、多踪示波器、数字存储示波器、数字荧光示波器等。

以 DS5152CA 数字存储示波器为例介绍示波器的使用及操作。

2. DS5152CA 数字存储示波器的性能特点

此示波器具有：双通道，每通道带宽 150MHz；高清晰彩色液晶显示屏；自动波形状态设置；波形设置、存储和再现；自动测量 20 种波形参数；自动光标跟踪测量功能；独特的波形录制和回放功能；内嵌 FFT；实用的数字滤波；多重波形数学运算功能；多国语言菜单功能等。

3. DS5152CA 数字存储示波器的使用及操作步骤

（1）接通仪器电源。

（2）探头补偿

在首次将探头与任一输入通道连接时，需进行探头补偿，使探头与输入通道相配。未经补偿的探头会导致测量误差或错误。若调整探头补偿，请按以下步骤：

①将探头菜单衰减系数设定为 10x，将探头上的开关设定为 10x。

②将探头与通道 1(CH1)连接，基准导线夹与探头补偿器的地线连接器相连。

③打开通道 1（即按<CH1>），然后按<AUTO>键。

④检查所显示波形的形状，当波形为标准矩形波时，说明补偿正确。

（3）信号测量方法及步骤

①用示波器探头将被测信号接入通道 1(CH1)，设定好衰减系数，一般设定为 10x。

②按下<AUTO>键。示波器即可自动设置垂直、水平和触发控制，使波形显示达到最佳状态。

4. 注意事项

(1) 为避免使用探头时被电击，应确保探头的绝缘导线完好，并且连接高压时，请不要接触探头的金属部分。

(2) 前面板上有很多按键，当不用其它功能时，不要随意触动。

(3) 如需其它功能时，请详细阅读说明书。

六、信号发生器的使用及操作

1. 信号发生器简介

信号发生器是一种能够输出连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种信号的测量仪器，一般用作信号源和频率计。信号发生器能自动地将直流能转换为一定波形的振荡信号。它与放大器的区别在于，无需外加激励信号就能产生所需频率、波形、幅值和功率的信号，如可产生正弦波、方波、脉冲波、三角波、锯齿波等，可根据需要调整信号的幅度、频率、占空比等参数。

以 NW1641B 型函数发生器/计数器为例介绍信号发生器的使用及操作。

2. NW1641B 型函数发生器/计数器的性能特点

(1) 采用大规模单片集成精密函数发生器电路设计，电子控制按钮操作，可作为信号发生器和计数器使用。

(2) 输出频率范围：0.1Hz~3MHz。每档均以频率微调电位器实行频率调节。

(3) 输出波形：正弦波、方波、三角波等。

(4) 用数码管显示信号频率和电压幅值，小数点自动定位。

(5) 输出信号幅度

函数输出：10 $V_{P-P} \pm 10\%$ (50 Ω 负载)；20 $V_{P-P} \pm 10\%$ (1M Ω 负载)。

分辨率：0.1 V_{P-P} (衰减 0dB)；10m V_{P-P} (衰减 20dB)；1m V_{P-P} (衰减 40dB)。

3. NW1641B 型函数发生器的使用及操作步骤

(1) 接通仪器电源。

(2) 连接测试电缆，输出函数信号。

(3) 设置频率：由频率选择键选定输出信号的频段，由频率调节旋钮调整输出信号的频率，调到所需频率值。

(4) 设置波形类型：由波形选择键选定输出波形的种类（如正弦波、方波、三角波）。

(5) 设置幅值：由信号幅度衰减器开关和幅度调节旋钮调节输出信号的幅度。

(6) 设置直流偏移值：由信号直流电平调节旋钮，调整输出信号的直流电平。

(7) 调节占空比：输出波形对称调节旋钮可改变输出脉冲信号的占空比。

七、实训内容及步骤

1. 用万用表分别测量 6 个不同类型的电阻、电容、电感、二极管、三极管，并用表格形式记录测量结果。

2. 将凌阳单片机 61A 板接通电源，用万用表测量电路中 6 个点电压，并记录测量结果。

3. 将多路输出稳压电源及充电器电路接通电源，用万用表测量电路中 6 个点的电压，并记录测量结果。

4. 使用直流稳压电源，输出以下电压：+5V、 $\pm 3V$ 、 $\pm 9V$ 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 15V$ ，并用万用表测量所输出的电压。

5. 用信号发生器产生下列信号：(1) 频率为 600kHz， V_{P-P} 为 800mV 的正弦波。(2) 频率为 2kHz， V_{P-P} 为 4V 的方波。(3) 频率为 300Hz， V_{P-P} 为 1.6V 的三角波。要求用示波器观察波形，并画出波形图。

实训项目五 多路输出稳压电源及充电器的设计与焊接调试

一、实训目的

1. 了解多路输出稳压电源及充电器的工作原理。
2. 安装多路输出稳压电源及充电器。
3. 按照要求进行调试，加深对电路原理的理解。
4. 培养动手能力及严谨的科学作风。

二、实训器材

1. 多路输出稳压电源及充电器的电路板和电子元器件，电子元器件清单见表 4-1。
2. 电子焊接系列工具。
3. 焊锡、松香。
4. 万用表。
5. 多媒体设备、课件和录像片等。

表 5-1 多路输出稳压电源及充电器的元器件清单

序号	代号	名称	规格或型号	数量
1	ChongDianQi	印刷电路板		1
2	R1、R3	电阻	1k Ω (1/8W)	2
3	R2	电阻	1 Ω (1/8W)	1
4	R4	电阻	33 Ω (1/8W)	1
5	R5	电阻	270 Ω (1/8W)	1
6	R6	电阻	220 Ω (1/8W)	1
7	R7、R9	电阻	24 Ω (1/8W)	2
8	R8、R10	电阻	560 Ω (1/8W)	2
9	Rp1	电位器	1k Ω	1
10	C1	电解电容	470 μ F/16V	1
11	C2	电解电容	22 μ F/10V	1
12	C3	电解电容	100 μ F/10V	1
13	VD1~VD7	二极管	1N4001	7
14	LED1 LED2 LED-A	发光二极管	Φ 3 红色	3
15	LED-P	发光二极管	Φ 3 绿色	1
16	VT1	三极管	8050 (NPN)	1
17	VT2、VT3	三极管	9013 (NPN)	2
18	VT4、VT5	三极管	8550 (PNP)	2
19	T	电源变压器	3W 9V	1
20	L1	接线		1
21	S4、S5	插针	3 个一排	2
22	S1、S2、S3	插针	2 个一排	3

23	ACV9V U _o CH1 CH2 GND	插针	单个	9
24	S1、S2、S3 S4 S5	插针连接帽		3

三、多路输出稳压电源及充电器简介

本多路输出稳压电源及充电器可将 220V 市电电压转换成 3~9V 直流稳压电源,可作为收音机等小型电器的外接电源,并可对 1~4 节镍铬或镍氢电池进行恒流充电,性能优于市售一般直流电源或充电器,具有较高的性价比和可靠性,是一种用途广泛的实用电器。

1. 主要技术指标

(1) 输入电压: AC: ~220V;

输出电压(直流稳压): 分三档,为 3V、6V 和可调电压档,各档误差 $\pm 10\%$ 。

(2) 输出电流(直流): 额定值 300mA。

(3) 过载短路保护,故障消除后自动恢复。

(4) 充电稳定电流: 60mA ($\pm 10\%$) 可对 1~4 节镍铬电池充电,充电时间 10~12 小时。

2. 工作原理

如图 5-1 所示,是多路输出稳压电源及充电器电路原理图。

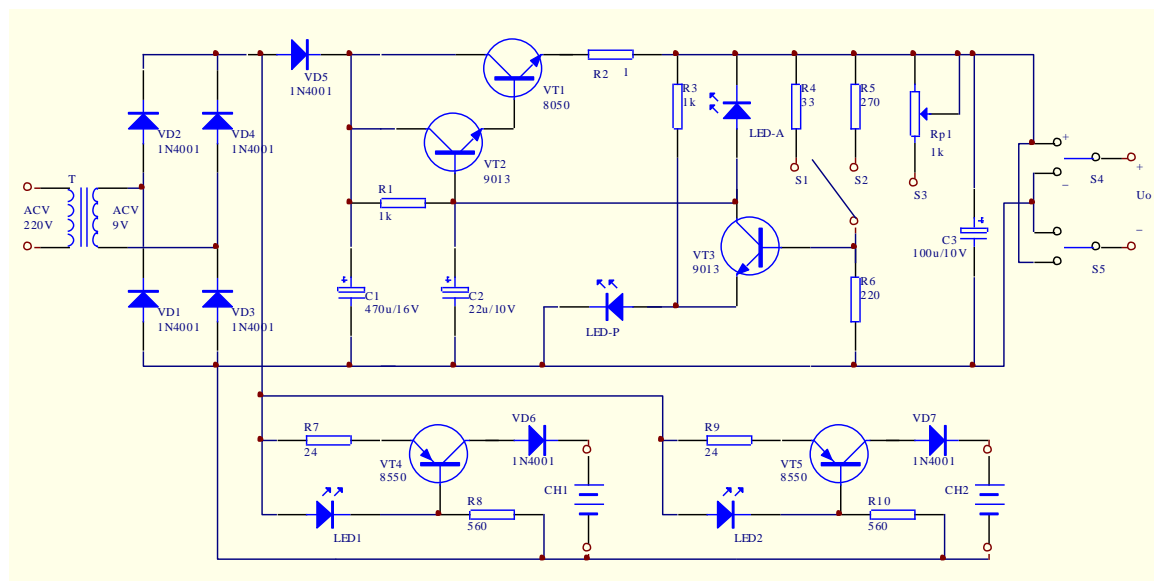


图 5-1 多路输出稳压电源及充电器电路原理图

在图 5-1 中,变压器 T、二极管 VD1~VD4、电容 C1 构成全波整流电容滤波电路,后面电路若去掉 R1 和 LED-A,则是典型的串联稳压电路(电路原理参见《模拟电子技术基础》)。LED-P 兼做电源指示及稳压管作用,当流经该发光二极管的电流变化不大时,其正向压降较为稳定(约 1.9V 左右,但也会因发光管规格的不同而有所不同,对同一种 LED 则变化不大),因此可作为低电压稳压管来使用。R2 及 LED-A 组成简单过载及短路保护电路,LED-A 兼作过载指示。输出过载(输出电流增大)时,R2 上压降增大,当增大到一定数值后,LED-A 导通,使调整管 VT1、VT2 的基极电流不再增加,起到限流保护作用。

S1、S2、S3 为输出电压选择开关，对应的输出电压分别是：3V、6V、可调电压。S4、S5 为输出极性变换开关，当 S4、S5 同时打在“+”端时，输出为正电压；当 S4、S5 同时打在“-”端时，输出为负电压。

VT4、VT5 及其周围元器件组成两路完全相同的恒流源电路。以 VT4 部分单元电路为例，LED1 兼作稳压和充电指示两个作用，VD6 的作用是防止充电电池极性接错。流过电阻 R7 的电流可近似表示为：

$$I_o = \frac{U_Z - U_{be}}{R_7} \quad (\text{式 5-1})$$

其中， I_o —输出电流； U_Z —LED1 上的正向压降，取 1.9V。

由式 5-1 可知，输出电流主要取决于 U_Z 的稳定性，而与负载无关，因此实现恒流输出。可根据充电电流的需要，改变 R7 的阻值，调节输出电流的大小。注意大电流充电会影响电池寿命。

四、实训要求

1. 了解多路输出稳压电源及充电器工作原理。
2. 了解图上的符号，并与实物对照。
3. 识别和检测各元器件，并记录元器件主要参数。
4. 认真细心地安装焊接。
5. 按照要求检测调试整机电路。

五、实训内容及步骤

1. 了解多路输出稳压电源及充电器工作原理。
2. 按元器件清单清点元器件，并负责保管。
3. 用万用表检测元器件（见表 5-1），并记录测量结果。

检查印刷电路板的铜箔线条是否完好，有无断线、短路，特别注意边缘。

4. 认真细心地安装焊接。
5. 检测调试整机电路。步骤如下：

（1）目视检测：安装焊接完毕后，按照原理图及工艺要求检查整机安装情况，检查输入、输出连线是否正确、可靠，相邻导线及焊点有无短路及其它缺陷。

（2）测试输出电压：S1、S2、S3 为输出电压选择开关，对应的输出电压分别是：3V、6V、可调电压。记录测试输出电压的数值，并计算误差。调节电位器 Rp1，记录输出电压的变化范围。

（3）检测极性转换：S4、S5 为输出极性变换开关，当 S4、S5 同时打在“+”端时，输出为正电压；当 S4、S5 同时打在“-”端时，输出为负电压。

（4）充电检测：用数字万用表 200mA 档代替电池，电流值应为 60mA（误差为±10%），相应的指示灯点亮。注意红表笔接充电电池的“+”端，黑表笔接充电电池的“-”端。

6. 完成实训报告。

实训项目六 放大器和积分器的设计仿真及安装调试

一、实训目的

1. 熟悉放大器和积分器的工作原理。
2. 掌握放大器和积分器的设计方法。
3. 熟悉用 Proteus 软件（或 Multisim 软件）进行电路设计仿真的方法。
4. 掌握放大器和积分器焊接、安装及调试的方法和步骤。

二、实训器材

1. 放大器和积分器用的电子元器件，清单见表 6-1。
2. 电路板。
3. 电子焊接系列工具。
4. 焊锡、松香。
5. 万用表、多路直流稳压电源、信号发生器、示波器。

表 6-1 放大器和积分器电路元器件清单

图号	代号	名称	规格或型号	数量
图 6-1	IC	集成块	OP07	1
图 6-1		集成块插座	DIP8	1
图 6-1	R1、R2	电阻	1kΩ	2
图 6-1	Rp	电位器	100kΩ（或 104）	1
图 6-2	IC	集成块	uA741	1
图 6-2		集成块插座	DIP8	1
图 6-2	R1、R2	电阻	1kΩ	2
图 6-2	Rp	电位器	100kΩ（或 104）	1
图 6-3	IC	集成块	uA741	1
图 6-3		集成块插座	DIP8	1
图 6-3	R1、R2	电阻	10kΩ	2
图 6-3	R3	电阻	1MΩ	1
图 6-3	Rp1	电位器	100kΩ（或 104）	1
		电路板		1

三、电路设计与仿真

1. 放大器设计及原理图

(1) 由 OP07 组成的放大器

如图 6-1 所示，是由 OP07 组成的同相型放大器。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o = \left(1 + \frac{R_p}{R_1}\right) \cdot U_i \quad \text{式 6-1}$$

其增益为

$$A_u = 1 + \frac{R_p}{R_1}, \quad \text{或} \quad A_u(\text{dB}) = 20\lg\left(1 + \frac{R_p}{R_1}\right) \quad \text{式 6-2}$$

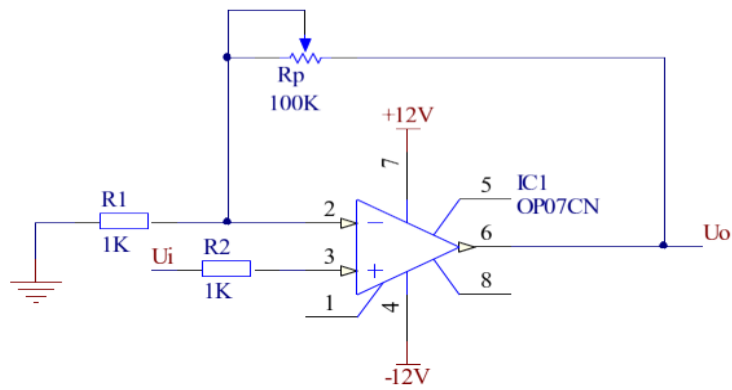


图 6-1 由 OP07 组成的放大器

(2) 由 μ A741 组成的放大器

如图 6-2 所示，是由 μ A741 组成的反相型放大器。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o = -\frac{R_p}{R_1} U_i \quad \text{式 6-3}$$

其增益为

$$A_u = \frac{R_p}{R_1}, \quad \text{或} \quad A_u(\text{dB}) = 20\lg\left(\frac{R_p}{R_1}\right) \quad \text{式 6-4}$$

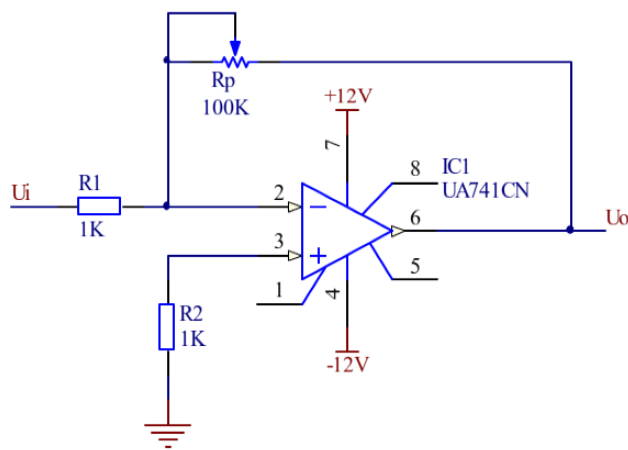


图 6-2 由 μ A741 组成的放大器

2. 积分器设计及原理图

积分电路或称积分器，其输出电压和输入电压的积分成线性关系，广泛应用于扫描电路、A/D 转换和模拟运算等方面。

如图 6-3 所示，是积分器电路原理图。

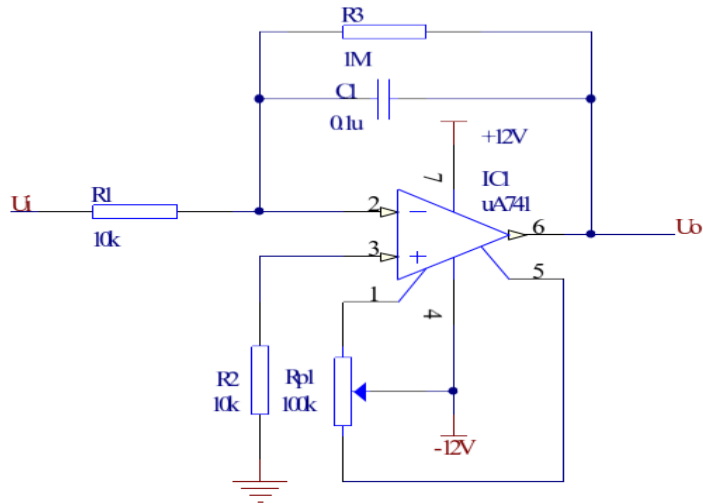


图 6-3 积分器电路原理图

IC1 及其周围元件构成反相型积分器， R_{p1} 是调零电位器，调节 R_{p1} ，当零输入的时，实现零输出。输出电压与输入电压的关系为

$$u_o(t) = -\frac{1}{R_1 C_1} \int u_i(t) dt \quad \text{式 6-5}$$

3. 用 Proteus 软件（或 Multisim 软件）进行电路仿真
在图 6-1 和图 6-2 中，调节 R_p 可改变电压放大倍数。

四、实训要求

1. 了解放大器和积分器的工作原理。
2. 了解图上的符号，并与实物对照。
3. 识别和检测各元器件，并记录元器件主要参数。
4. 认真细心地安装焊接。
5. 按照要求检测调试电路。

五、实训内容及步骤

1. 了解放大器和积分器的工作原理。
2. 按元器件清单清点元器件，并负责保管。
3. 用万用表检测元器件（见表 6-1），并记录测量结果。
4. 认真细心地安装焊接。
5. 检测调试电路。

步骤如下：

(1) 目视检测：安装焊接完毕后，按照原理图及工艺要求检查电路安装情况，检查输入、输出、电源、接地等连线是否正确、可靠，相邻导线及焊点有无短路及其它缺陷。

(2) 调试放大器电路（图 6-1 和图 6-2）

①用信号发生器在输入端加一个正弦波信号，频率为 1kHz，电压峰峰值为 200mV。观察并记录输出波形，记录输入、输出信号的频率和电压（峰峰值），求出电压增益（或电压放大倍数）。调节电位器 R_{p1} 的值，可改变电压增益。

②改变输入信号的电压，重复步骤①的内容。记录最大不失真输入电压值。

③改变输入信号的频率，重复步骤①的内容。记录输入信号的频率范围。

④在输入端加一直流电压，重复步骤①和步骤②。

(3) 调试积分电路（图 6-3）

①调零：将输入端 u_i 接地，用数字万用表测输出电压 u_o ，调节调零电位器 R_{p1} ，直至 $U_o=0$ （或 $U_o \approx 0$ ）。

②输入方波信号： a. 用信号发生器，在输入端 u_i 加入方波信号，频率为 100Hz，电压幅度为 $\pm 2V$ 。用数字示波器观察 u_i 、 u_o 的波形，并记录 u_i 、 u_o 的数值。 b. 输入信号的频率不变，改变电压幅度，观察并记录 u_i 、 u_o 的波形。

③输入正弦波： a. 用信号发生器，在输入端 u_i 加入正弦波信号，频率为 100Hz，电压有效值为 1V。用双踪示波器观察 u_i 、 u_o 的波形及相位差，并记录 u_i 、 u_o 的数值。 b. 改变正弦波信号的幅度，观察并记录 u_i 、 u_o 的波形及相位差。

六、完成实训报告

实训项目七 表面安装技术（SMT）

一、实训目的

1. 学习表面安装技术（SMT）的有关知识。
2. 了解 SMT 的特点，了解 SMT 元器件及其分类。
3. 学习 SMT 工艺流程。
4. 了解 SMT 组装系统。

二、实训器材

1. SMT 表面贴焊系列仪器设备。
2. 各种贴片元件。
3. 电子焊接系列工具。
4. 焊锡膏。
5. 多媒体设备等。

三、表面安装技术简介

1. SMT 简介

电子系统的微型化和集成化是当今技术革命的重要标志，也是未来发展的重要方向。日新月异的各种高性能、高可靠、高集成、微型化、轻型化的电子产品，正在改变我们的世界，影响人类文明的进程。

安装技术是实现电子系统微型化和集成化的关键。20 世纪 70 年代问世，80 年代成熟的表面安装技术（Surface Mounting Technology 简称 SMT），从元器件到安装方式，从 PCB 设计到连接方法都以全新的面貌出现，它使电子产品体积缩小，重量变轻，功能增强，可靠性提高，推动信息产业高速发展。SMT 已经在很多领域取代了传统的通孔安装（Through Hole Technology 简 THT），并且这种趋势还在发展，预计未来 90% 以上产品将采用 SMT。

通过 SMT 实习，掌握最起码的操作技艺是跨进电子技术大厦的第一步。

2. THT 与 SMT

图 7-1 是 THT 与 SMT 的安装尺寸比较，表 7-1 是 THT 与 SMT 的区别。

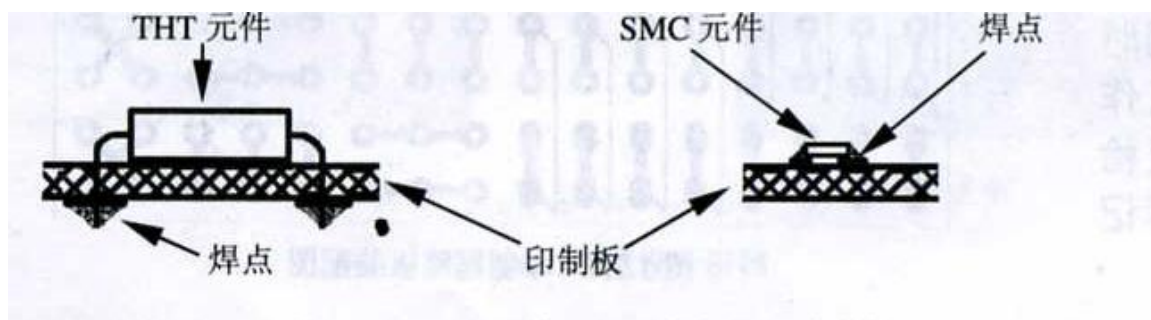


图 7-1 THT 与 SMT 的安装尺寸比较

表 7-1 THT 与 SMT 的区别

	年代	技术缩写	代表元器件	安装基板	安装方法	焊接技术
通孔技术	20 世纪 60 ~ 70 年代	THT	晶体管, 轴向 引线元件	单、双面 PCB	手工/半自 动插装	手工焊, 浸 焊
	70 ~ 80 年代		单、双列直插 IC, 轴向引线 元器件编带	单面及多 层 PCB	自动插装	波峰焊, 浸 焊, 手工焊
表面安装	20 世纪 80 年代 开始	SMT	SMC, SMD 片式封装 VSI, VLSI	高 质 量 SMB	自动贴片 机	波峰焊, 再 流焊

3. SMT 主要特点

(1) 高密度: SMC、SMD 的体积只有传统元器件的 1/3~1/10 左右, 可以装在 PCB 的两面, 有效利用了印制板的面积, 减轻了电路板的重量。一般采用了 SMT 后可使电子产品的体积缩小 40%~60%, 重量减轻 60%~80%。

(2) 高可靠: SMC 和 SMD 无引线或引线很短, 重量轻, 因而抗振能力强, 焊点失效率可比 THT 至少降低一个数量级, 大大提高产品可靠性。

(3) 高性能: SM 密集安装减小了电磁干扰和射频干扰, 尤其高频电路中减小了分布参数的影响, 提高了信号传输速度, 改善了高频特性, 使整个产品性能提高。

(4) 高效率: SMT 更适合自动化大规模生产。采用计算机集成制造系统 (CIMS) 可使整个生产过程高度自动化, 将生产效率提高到新的水平。

(5) 低成本: SMT 使 PCB 面积减小, 成本降低; 无引线和短引线使 SMD, SMC 成本降低, 安装中省去引线成型、打弯、剪线的工序; 频率特性提高, 减少调试费用; 焊点可靠性提高, 较小调试和维修成本。一般情况下采用 SMT 后可使产品总成本下降 30% 以上。

4. SMT 元器件

SMT 元器件由于安装方式的不同, 与 THT 元器件主要区别在于外形封装。另一方面由于 SMT 重点在减小体积, 故 SMT 元器件以小功率元器件为主。又因为大部分 SMT 元器件为片式, 故通常又称片状元器件或表贴元器件, 一般简称 SMD (Surface Mounting Devices)。

(1) 片状阻容元件

表贴元件包括: 表贴电阻、电位器、电容、电感、开关、连接器等。使用最广泛的是片状电阻和电容。片状电阻电容的类型、尺寸、温度特性、电阻电容值、允差等, 目前还没有统一标准, 各生产厂商表示的方法也不同。目前我国市场上片状电阻电容以公制代码表示外形尺寸。

①片状电阻。表 7-2 是常用片状电阻尺寸等主要参数。

表 7-2 常用片状电阻主要参数

参数\代码	1608*0603	2012*0805	3216*1206	3225*1210	5025*2010	6332*2512
外形: 长×宽	1.6×0.8	2.0×1.25	3.2×1.6	3.2×2.5	5.0×2.5	6.3×3.2
功率 (W)	1/16	1/10	1/8	1/4	1/2	1
电压 (V)		100	200	200	200	200

注: a. *英制代号

b. 片状电阻厚度为 0.4~0.6mm

c. 最新片状元件为 1005 (0402), 0603(0201), 0402(01005), 后者目前应用较少。

d. 电阻值采用数码法直接标注在元件上, 阻值小于 10Ω 用 R 代替小数点, 例如 8R2 表示 8.2Ω , 0R 为跨接片, 电流容量不超过 2A。

②片状电容

片状电容主要是陶瓷叠片独石结构, 其外型代码与片状电阻含义相同, 主要有: 1005/*0402, 1608/*0603, 2012/*0805, 3216/*1206, 3225/*1210, 4532/*1812, 5664/*2225 等。

片状电容元件厚度为 0.9~4.0。

片状陶瓷电容依所用陶瓷不同分为三种, 其代号和特性分别为:

NPO: I 类陶瓷, 性能稳定, 损耗小, 用于高频高稳定场合。

X7R: II 类陶瓷, 性能较稳定, 用于要求较高的中低频的场合。

Y5V: III 类陶瓷, 比容大, 稳定性差, 用于容量、损耗要求不高的场合。

片状陶瓷电容的电容值也采用数码法表示, 但不印在元件上。其他参数如偏差、耐压值等表示方法与普通电容相同。

(2) 表贴器件

表面贴装器件包括: 表面贴装分立器件(二极管、三极管、FET/晶闸管等)和集成电路两大类。

①表面贴装分立器件

除部分二极管采用无线圆柱外型, 主要外形封装为小外形封装 SOP(Small Outline Package)型和 TO 型。此外还有 SC-70(2.0×1.25)、SO-8(5.0×4.4)等封装。

②表面贴装集成电路

常用 SOP 和四列扁平封装 QFP(Quad Flat Package)封装。见图 7-2 和 7-3, 这种封装属于有线封装。

SMD 集成电路一种称为 BGA 的封装应用日益广泛, 主要用于引线多、要求微型化的电路。图 7-4 是一个 BGA 的电路示例。

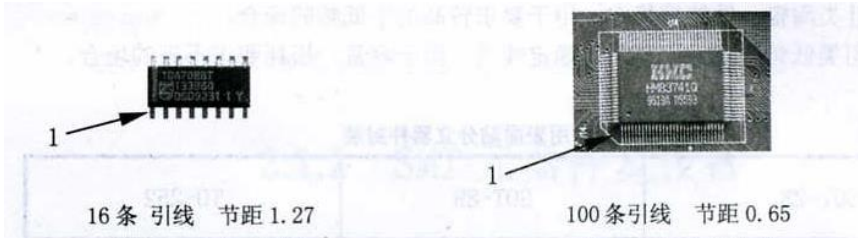


图 7-2 SOP 封装

图 7-3 QFP 封装

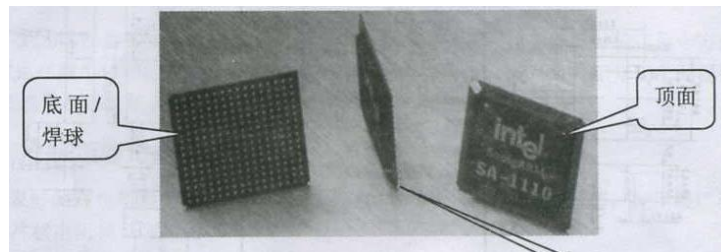


图 7-4 BGA 封装

5. SMT 工艺简介

SMT 有两种基本方式, 主要取决于焊接方式。

(1) 采用波峰焊: 如图 7-5 所示。

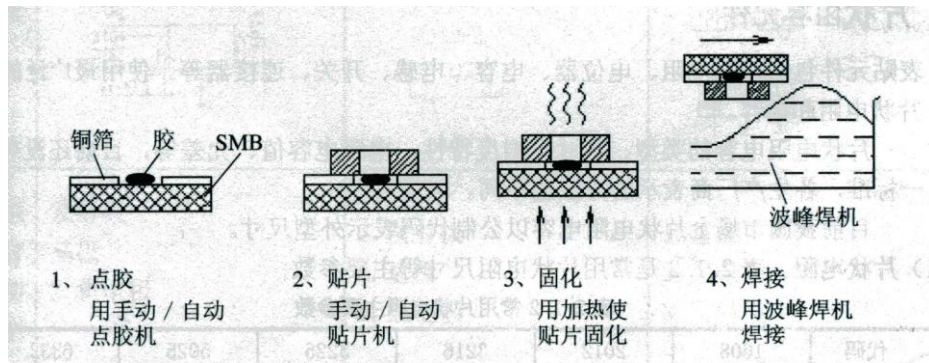


图 7-7 SMT 工艺 (1)

此种方法适合大批量生产。对贴片精度要求高，生产过程自动化程度要求也很高。

(2) 采用再流焊：如图 7-6 所示。

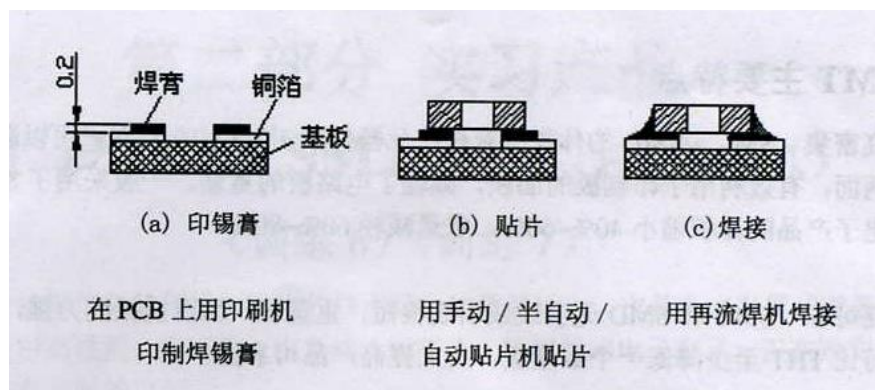


图 7-6 SMT 工艺 (2)

这种方法较为灵活，视配置设备的自动化程度，即可用于中小批量生产，又可用于大批量生产。

混合安装方法，则需根据产品实际将上述两种方法交替使用。

6. 焊膏印刷工艺及步骤

(1) 焊膏印刷及设备

焊膏印刷工艺由焊膏印刷机或丝网漏印机来完成。通过丝网漏印的方法使焊锡膏粘合到焊盘上，达到机械和电气性能连接。

(2) 印刷原理及步骤

①固定电路板：将电路板固定在定位位置。将模板放平压在电路板上。通过小孔观察，发现每个小孔下面都有一个亮点，并且这些亮点充满每个小孔，说明小孔和焊盘对应很准确。发现亮点没有充满小孔，说明电路板没放准或托板没调好。

②准备焊锡膏：因为焊锡膏需要冷藏，使用前要将焊锡膏提前 6 小时（时间的长或短都将影响焊接效果）从冰箱中取出，让焊锡膏恢复常温。

③刮焊锡膏：用刮板将焊锡膏挤压注入模板的漏孔中，焊锡膏在模板上的宽度应比模板略宽。

④取出印刷板：刮好焊锡膏后，轻轻地取出印刷板，将印刷板放在托盘中，且勿手摸。因为焊盘上焊膏很少，很容易被擦掉，使元件无法焊接。

7. 贴片工艺及注意事项

(1) 贴片工艺

用镊子将元器件从元件盘中取出，并贴放到印刷板相应的位置上。

(2) 注意事项

- ①因贴片元器件很小，需要时可借助放大镜操作。
- ②贴装时，有字的一面朝上。
- ③贴装电容时，因贴片电容没有极性，没有标注，而且大小、颜色都非常相似，所有贴装时一定要注意，如果贴错，很难检查。
- ④贴装集成块时，集成电路标记和图纸标记要对应，争取一次贴好。如果没有放正，要用镊子垂直拿起，重新贴放，不要直接挪动，以免造成短路。

8. 再流焊工艺及设备

(1) 再流焊机

再流焊机是焊接贴片元器件的设备，主要包括：炉体、加热源、空气循环装置、冷却装置、排风装置、温控装置及单片机控制等部分组成。

(2) 再流焊工艺

将已贴放好贴片元器件的印刷板放入再流焊机中，按<启动>键，即可完成再流焊过程。整个过程约4分钟。再流焊的温度设置曲线，如图7-7所示。

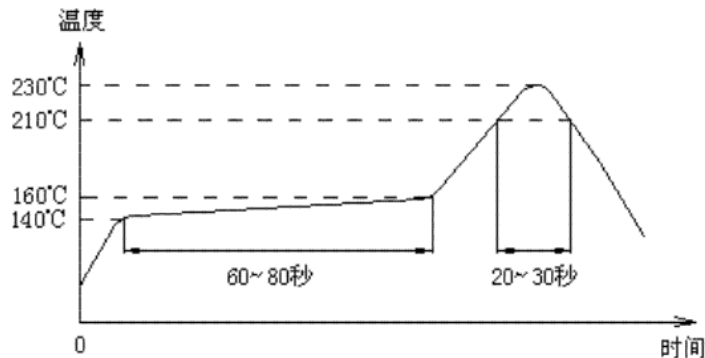


图 7-7 再流焊温度曲线

四、实训内容及步骤

1. 观看表面安装技术（SMT）录像片。
2. 学习表面安装技术（SMT）的有关知识。
3. 学习 SMT 工艺流程。
4. SMT 贴焊训练。
5. 完成实训报告。

实训项目八 集成电路调频收音机的装配

一、调频原理

用音频信号去调制高频载波信号的频率，使其频率随着音频信号的变化而变化，这种调制方法我们称之为调频(FM)。如图 8-1 所示，图中 (a) 的波形是音频信号，(b) 的波形就是调频波。可以看到，它的周期在各点上并不一致，在音频信号幅度大时其周期短，频率高；在音频信号幅度低时其周期长，频率低，调频波的频率随音频信号变化而幅度不变。这就是调频波的特点。

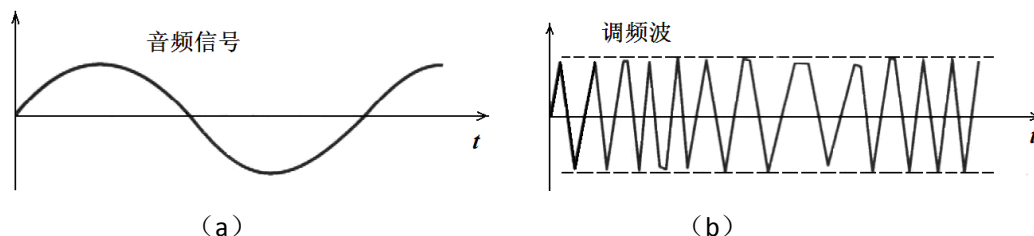


图 8-1 调频信号

我国调频收音机的频段规定为 88~108MHz，电波传播为直线传播，调频广播电台的电波传播距离近、覆盖范围小。正因为如此，各电台之间干扰也小。调频广播的频带宽，单声道调频收音机通频带为 180kHz，立体声调频收音机的通路带为 198kHz，放音频率可达 20~15000Hz，音质很好。调频广播电台有单声道和立体声两类，调频收音机也有对应的两类。单声道调频收音机的组成方框图如图 8-2 所示，由高频调谐器(又叫高频头或调频头)、中频放大级、鉴频级、低放级四大部分组成。

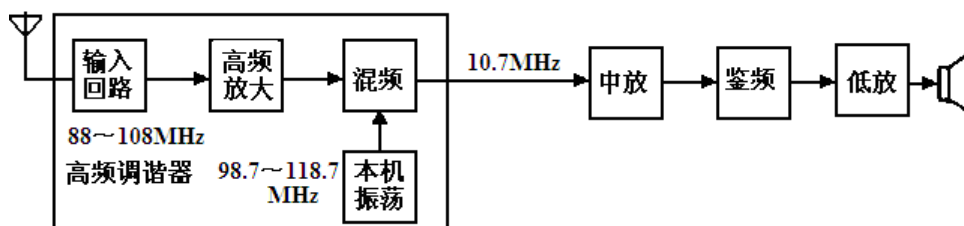


图 8-2 单声道调频收音机组成方框图

从天线接收的电波经输入回路选出 88~108MHz 调频高频信号，该信号送入高频放大级进行放大。放大后的信号与本机振荡所产生的信号都送入混频级。混频后取出 10.7MHz 的中频信号进入中频放大级，放大限幅后送入鉴频级。鉴频级还原出音频信号进入低放级，最后在扬声器放出声音。

二、集成电路 SP7021 组成的 FM 收音机

1. 概述

集成电路 SP7021F 内包含高放、混频、本振、二级有源中频滤波器、鉴频器、低频放大器、静噪电路及相关静噪系统等，它具有单声道 FM 收音机的全部功能。工作电压范围为 1.8~6V，推荐值为 3V。它适用于单声道或立体声 FM 收音机，尤其适用于低压微调谐系统。该电路采用 16 脚双列扁平封装。

2. 特点

(1) 由于中频频率很低。只有 76kHz，中频滤波由内电路两级有源滤波器来实现，在外围电路取消了中周变压器或陶瓷滤波器，简化了电路调整，缩小了体积。

(2) 输入回路不需要调整，采用宽带接收，通过改变本振调谐频率来选择电台信号。高频输入信号频率范围为 1.5~110MHz。

(3) 电路内设有混频、限幅中放、鉴频、本振(VCO)组成的频率锁相环电路，用来对中频

频偏进行压缩，以满足广播信号的频带宽度。

(3) 电路内设有相关静噪系统及静噪电路组成的降噪系统，可用于抑制无信号时，电源开关转换时以及接受弱信号时的噪声，提高信噪比。

(4) 工作原理

由 SP7021 集成电路组成的单片收音机电原理图如图 8-3 所示。SP7021 集成电路采用 SOT16 脚封装，表 8-1 是引脚功能。

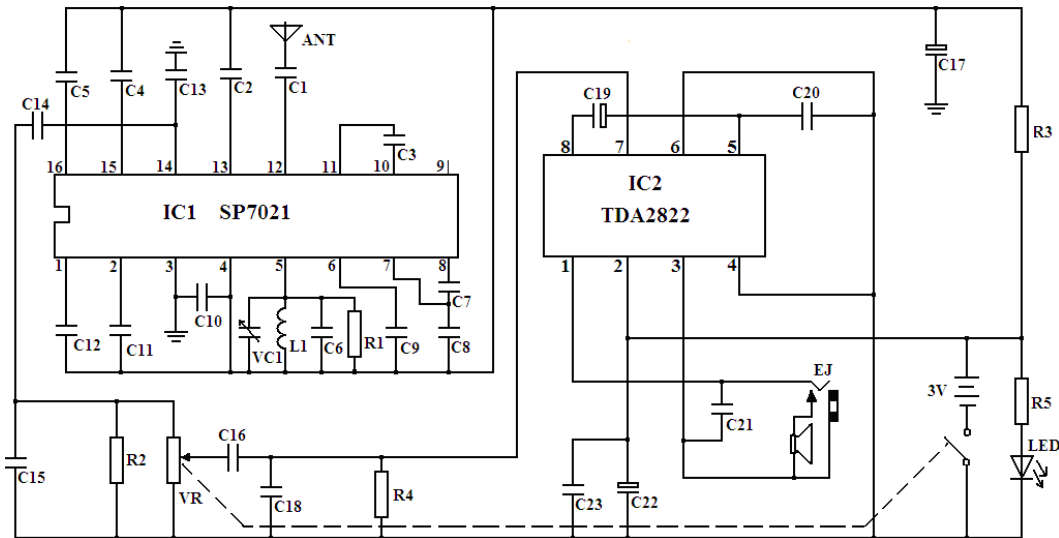


图 8-3 SP7021 集成电路组成的单片收音机电原理图

1) FM 信号输入

从天线接收的调频信号经 C1 由引脚 12 输入进入 IC1 的 12、13 脚混频电路，C11 是天线输入回路的旁路电容。

2) 本振调谐电路

引脚 5 的电感线圈和可变电容器 VC1 组成了振荡频率谐振回路，调谐电台用单连可变电容器改变本振频率即可；集成电路中的中频波形相关器保证了天线信号频率与本振频率相差 76kHz，调谐准确时输出最大，调偏频率输出减小。

表 8-1 SP7021 引脚功能

引脚	功能	引脚	功能
1	鉴频输出	9	场强指示
2	静噪输出	10	中频补偿
3	地 GND	11	中频补偿
4	电源 VCC	12	射频信号输入
5	本振电路外接 LC 回路	13	射频信号输入
6	限幅放大滤波器	14	音频信号输出
7	中频滤波	15	音频滤波
8	中频滤波	16	反馈

3) 中频放大、限幅和鉴频

该集成电路的显著特点是中频频率为 76kHz，采用有源滤波器把电阻和放大器做在集成电路内部，C7，C8，C3 与内部电路组成 76kHz 中频滤波器。中频信号经内部放大器，中频限幅器，送到鉴频器检出音频信号，经内部环路滤波后从引脚 14 输出。C12 是鉴频器滤波电容，用来滤除鉴频输出端的中频及高频谐波分量，电路中 2 脚的 C11 为静噪电容，C9 是

限幅电路输入级旁路电容。

4) 功放电路

SP7021 集成电路的 14 脚输出的音频信号经电位器调节音量后, 由 TDA2822 集成电路组成单声道桥式 (BTL) 放大电路进行放大驱动扬声器。TDA2822 的引脚功能见表 8-2。

表 8-2 TDA2822 引脚功能

引脚	功能	引脚	功能
1	1 通道输出	5	2 通道反相输入
2	2 通道输出	6	2 通道同相输入
3	电源 VCC	7	1 通道同相输入
4	地 GND	8	1 通道反相输入

三、RW-2908FM 单片收音机的装配

1. 装配前的准备工作

(1) 准备工具、仪表、设备、材料

个人用工具、仪表、材料: 电烙铁、尖嘴钳、断线钳、镊子、螺丝刀各一把, 万用表一台, 一套 DRW-2908FM 单片收音机的套件, 焊锡、松香若干。

公用设备: 丝网印刷机一台、再流焊机一台、放大镜一台。

(2) 清点、检测元器件

1) 对照元器件清单表 8-3 清点元器件的名称、规格 (型号)、数量。

表 8-3 RW-2908FM 收音机元器件清单

序号	名称规格	数量	位号	序号	名称规格	数量	位号
1	线路板 RW-2980	1		22	电容/0805-102P	3	C1、13、18
2	芯片 SP7021	1	IC1	23	电容/0805-332P	1	C3
3	芯片 TDA2822	1	IC2	24	电容/0805-103P	4	C10、15、16、20
4	空心电感	1	L1	25	电容/0805-403P	1	C12
5	四联电容 20P	1	VC1	26	电容/0805-104P	3	C5、9、11
6	发光二极管 (红)	1	LED	27	电容/0805-104P	3	C14、21、C23
7	耳机插座 EJ-3570	1	J2	28	导线 $\Phi 1.2 \times 120\text{mm}$	5	
8	电位器 B10K	1	VR	29	喇叭 $8\Omega 0.5\text{W}$	1	
9	电解电容 $10\mu\text{F}/16\text{V}$	1	C19	30	拉杆天线	1	
10	电解电容 $100\mu\text{F}/16\text{V}$	1	C17	31	螺丝 M2.5*4.5	3	
11	电解电容 $220\mu\text{F}/16\text{V}$	1	C22	32	螺丝 M1.7*4	1	
12	电阻/0805-10R	1	R3	33	螺丝 M2*6	1	
13	电阻/0805-22K	1	R2	34	螺丝 BM2*3.5	1	
14	电阻/0805-1K	1	R5	35	电池弹弓一套	1	
15	电阻/0805-1.5K	1	R1	36	机壳上盖	1	
16	电阻/0805-10K	1	R4	37	机壳下盖	1	
17	电容/0805-22P	1	C6	38	调谐拨盘	1	
18	电容/0805-472P	1	C4	39	电位器拨盘	1	
19	电容/0805-221P	1	C2	40	刻度盘	1	
20	电容/0805-681P	1	C7	41	天线焊片	1	
21	电容/0805-152P	1	C8	42			

2) 用万用表检测元器件的好坏。

(3) 安装流程（见图 8-4）

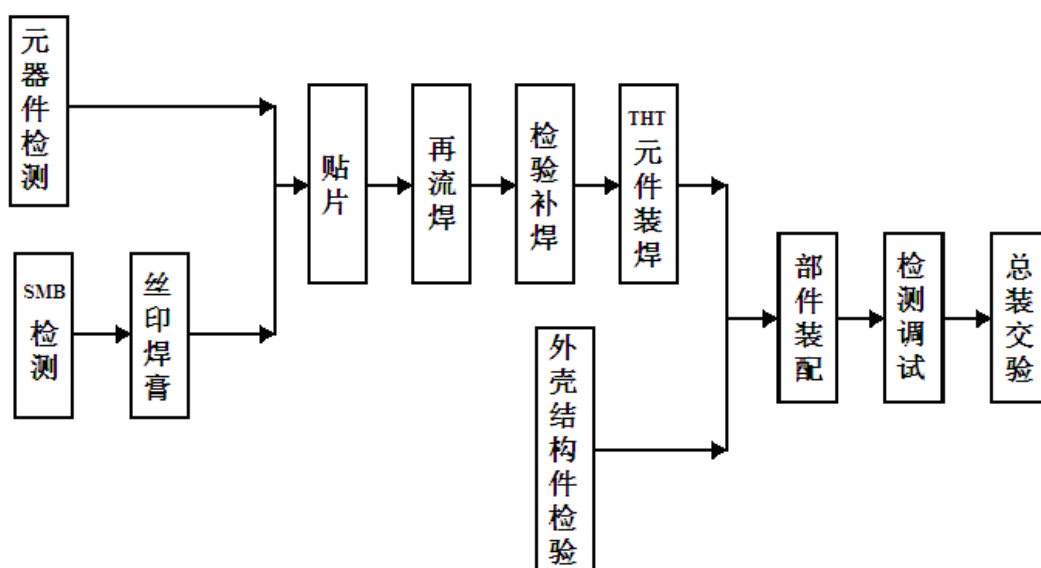


图 8-4 SMT 实训产品装配工艺流程

(4) 安装步骤

1) 安装前检查

- ①SMB 检查：对照图 8-5 检查 SMB：图形完整，无短、断缺陷，组焊层，孔位及尺寸。
- ②外壳及结构件检查：外壳有无缺陷及外观损伤。
- ③THT 元件检测：电位器阻值调节特性，LED、电感线圈、电解电容、插座、扬声器、开关的好坏。

2) 贴片及焊接

- ①丝印焊膏，并通过放大镜检查印刷情况。
 - ②贴片，把贴片元器件贴到 SMB 的相应位置。
- 注意：
- a. SMC 和 SMD 不得用手拿。
 - b. 注意集成电路 IC 的标记方向。
 - c. 贴片电容表面没有标志，要按位号贴到指定位置。
 - d. 贴片电阻有标志的一面为正面。

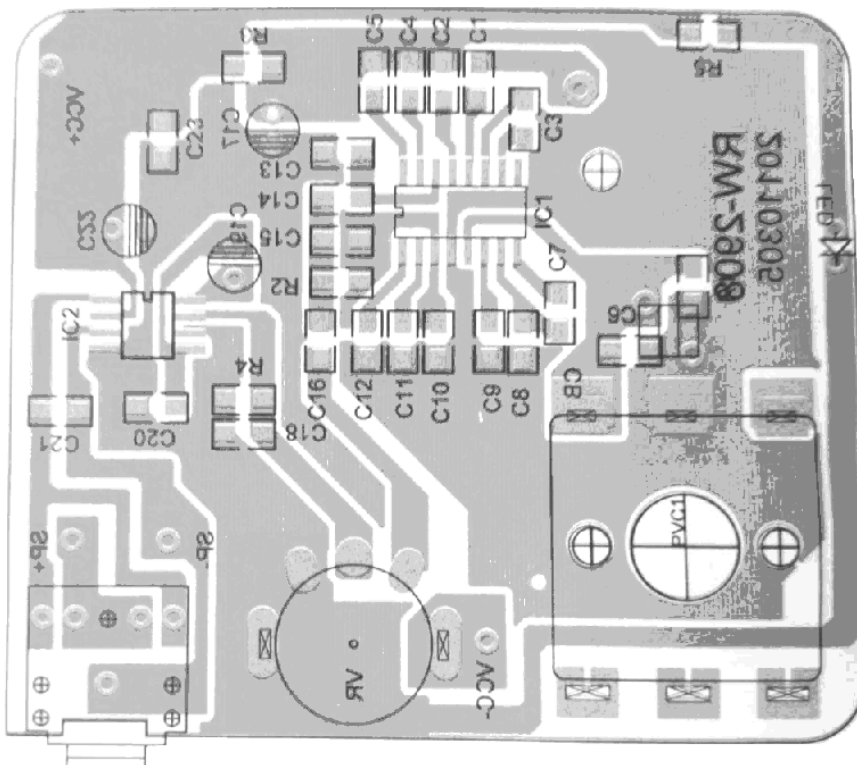


图 8-5 SMB 上元器件贴片图

- ③检查贴片数量及位置。
- ④放入再流焊机焊接。
- ⑤检查焊接质量及修补。

3) 安装 THT 元器件

- ①安装并焊接电位器 RP。
- ②安装并焊接耳机插座，焊接时烙铁不要太热，烙铁加热时间要短，防止耳机插座烫坏。
- ③安装并焊接电容器 VC1。
- ④安装并焊接电感线圈 L1。
- ⑤安装并焊接发光二极管 LED，注意折弯、长度。
- ⑥安装并焊接拉杆天线。
- ⑦焊接电源导线、扬声器导线，注意导线颜色。
- ⑧安装扬声器、电池弹弓。

(5) 调试及总装

1) 调试

①目视检测

- a. 元器件：型号、规格、数量及安装位置，方向是否与图纸相符。
- b. 焊点：有无虚、漏、桥接、飞溅等焊接缺陷。

②测总电流

RW-2908FM 单片收音机的电源电压为直流 3V 供电，整机静态工作电流为 10m A 左右，用万用表 200mA 档跨接在开关两端可测出总电流。

③测集成电路 SP7021 各引脚机静态工作电压（见表 8-5）

表 8-5 SP7021 各引脚静态电压参考值

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8

电压 (V)	2.71	2.07	0	2.9	2.9	2.35	2.3	2.3
引脚	9	10	11	12	13	14	15	16
电压 (V)	2.9	2.3	2.3	0.85	0.85	1.21	0.58	1.2

④调接收频段

调整频率范围 FM88~108MHz，将刻度盘旋到低端找一个已知的台（可找一台成品 FM 收音机对照）并对准刻度盘的频率指示，调节 L1 的宽度使指示频率接近；在高端找到一个已知频率的电台，将刻度指示在该频率上，然后调整 VC1 顶上的微调电容，反复上述步骤两三次即可调整好。

2) 总装

①蜡封线圈：调试完成后将适量塑料泡沫填入线圈 L1（注意不要改变线圈的形状及匝间距），滴入适量蜡使线圈固定。

②固定 SMB/装外壳。

实训项目九 电子实训产品

以苹果音箱的制作与安装为例，介绍电子产品的装焊工艺。

一、实训目的

1. 通过对一台正规产品“苹果音箱”的安装、焊接、调试，了解电子产品的装配过程。
2. 学习整机装配工艺。
3. 掌握 TDA2822M（或 D2822）的特点、功能和应用电路。
4. 熟悉集成功放电路的基本性能及工作原理。
5. 掌握集成功放电路主要性能的测试方法。
6. 培养动手能力及严谨的科学作风。

二、实训器材

1. 苹果音箱套件。
2. 电子焊接系列工具。
3. 焊锡、松香。

三、电路原理

1. TDA2822M 芯片简介

TDA2822M 是意大利 SGS 公司制造的双运放音频功率放大器，其驱动电压为 1.8~15V，噪声电压为 $2\mu\text{V}$ ，带宽为 120kHz，输出电流为 1A，输出电压为 2.7V，电压增益 41dB，可接输入阻抗为 4/8/16/32 Ω 的扬声器，静态电流和交叉失真都很小。电路可工作于立体声双声道，也可接成 BTL 电路。立体声工作时输出功率为 $1\text{W}\times 2$ ($V_{\text{cc}}=9\text{V}$, $R_{\text{L}}=8\Omega$, $\text{THD}=10\%$) 或 $110\text{mW}\times 2$ ($V_{\text{cc}}=3\text{V}$, $R_{\text{L}}=4\Omega$, $\text{THD}=10\%$)。其特点是外围元件少，音质好，价格低。

TDA2822M 采用 8-DIP 封装。如表 9-1 所示，是 TDA2822M 的引脚及功能。

表 9-1 DTA2822M 的引脚及功能

引脚	功能	引脚	功能	引脚	功能	引脚	功能
1	OUTPUT(1)	3	OUTPUT(2)	5	INPUT- (2)	7	INPUT+ (1)
2	+Vcc	4	GROUND	6	INPUT+ (2)	8	INPUT- (1)

2. 集成音频功率放大器电路原理图

如图 9-1 所示，是音频功率放大器电路原理图。

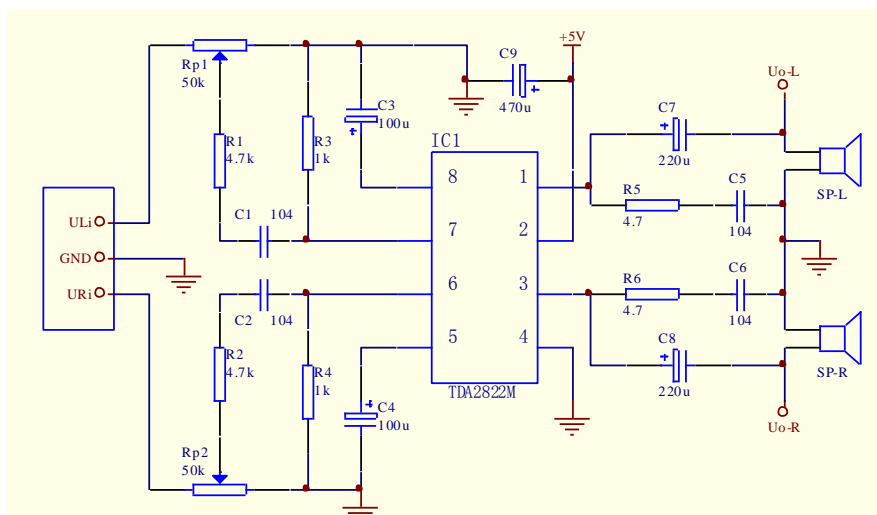


图 9-1 集成音频功率放大器电路原理图

如图 9-1 所示，是集成音频功率放大器电路原理图。这是一个单电源、双声道的小功放电路，图中 U_{i-L} 、 U_{i-R} 是左右声道输入端，LED 是电源指示灯， R_{P1} 、 R_{P2} 是音量调节电位器，是双联电位器，可用电池供电，也可用 6V 的 DC 插座供电。

四、元件清单

如表 9-1 所示，是集成音频功率放大器元件清单

表 9-1 集成音频功率放大器材料清单

序号	名称	规格型号	数量	编号
1	线路板	ADS-228	1 块	
2	集成块	TDA2822M 或 (D2822)	1 块	IC1
3	发光二极管	Φ3mm 绿色	1 支	D1
4	电位器	B50K (双声道)	1 只	R_{P1} 、 R_{P2}
5	DC 插座		一只	DC
6	开关	SK22D03VG2	一只	K1
7	电阻	4.7K、4.7Ω	各 2 支	R_3 、 R_6 、 R_1 、 R_4
8	电阻	1K	3 支	R_2 、 R_5 、 R_7
9	瓷介电容	104P	4 支	C_1 、 C_2 、 C_4 、 C_5
10	电解电容	100uF 220uF	各 2 支	C_7 、 C_9 、 C_3 、 C_6
11	电解电容	470uF/16V	1 支	C_8
12	立体声插头		1 根	
13	喇叭	4Ω/5W	2 只	
14	电池片		1 套	
15	动作片		4 片	
16	排线	1.0*90mm*2P	2 根	SP-L、SP-R
17	导线	1.0*60mm	2 根	B+、B-
18	螺丝	PA2*6	10 个	底壳、机板、动作片
19	螺丝	PA2*8	12 个	喇叭座
20	说明书		1 份	

四、实训要求

1. 对照原理图看懂接线图。
2. 了解图上的符号，并与实物对照。
3. 根据技术指标测试各元器件的主要参数。
4. 认真细心地安装焊接。

五、实训内容及步骤

1. 按材料清单清点全套零件，并负责保管。
2. 用万用表检测元器件（见附表），并记录测量结果。
3. 对元器件引线或引脚进行镀锡处理，注意镀锡层未氧化（可焊性好）时可以不处理。检查印制板的铜箔线条是否完好，有无断线及短路，特别注意边缘处。
5. 安装、焊接元器件。注意：所有元器件高度不得高于中周的高度。
6. 检测苹果音箱。
7. 完成实训报告。

实训项目十 PCB 印刷电路板的设计与制作

一、实训目的

1. 了解 PCB 电路板设计的基础知识。
2. 学会使用 Altium Designer 软件（或 Protel 软件）设计 SCH 和 PCB 电路图。
3. 熟悉 PCB 电路板的设计方法和步骤。
4. 了解 PCB 电路板的制造工艺。
5. 掌握信号发生器电路的设计、制作、安装、检测、调试的方法和步骤。
6. 掌握音频功率放大器电路的设计、制作、安装、检测、调试的方法和步骤。
7. 掌握稳压电源电路的设计、制作、安装、检测、调试的方法和步骤。
8. 培养学生的综合设计能力、实践创新能力、科研素质和严谨的科学作风。

二、实训器材

1. 制作 PCB 电路板的系列仪器设备和材料，如：微机、激光打印机、电路板雕刻机、热转印机、钻孔机、腐蚀箱、热转印纸、腐蚀液、去污粉、钻头、覆铜板等。
2. 多媒体设备等。
3. 电子焊接系列工具，焊锡和松香等。
4. 常用仪器仪表，如：万用表、多路稳压电源、示波器等。
5. 信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路所使用的各种电子元件。

三、实训指导

1. 信号发生器电路原理图

如图 10-1 所示，是信号发生器电路原理图。

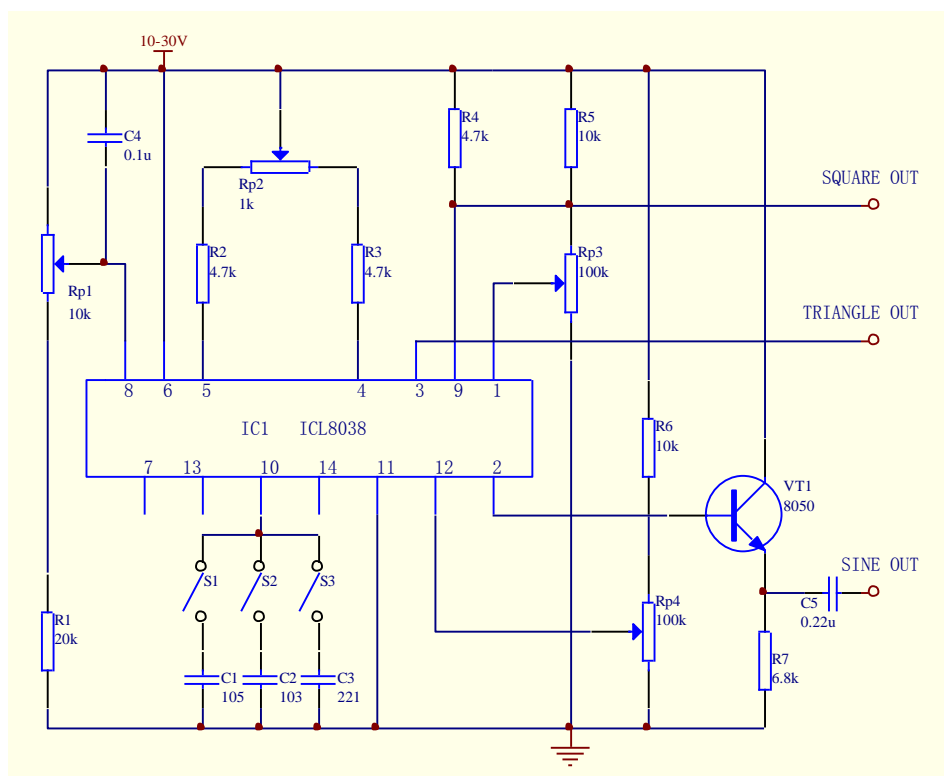


图 10-1 信号发生器电路原理图

2. 音频功率放大器电路原理图

如图 10-2 所示，是音频功率放大器电路原理图。

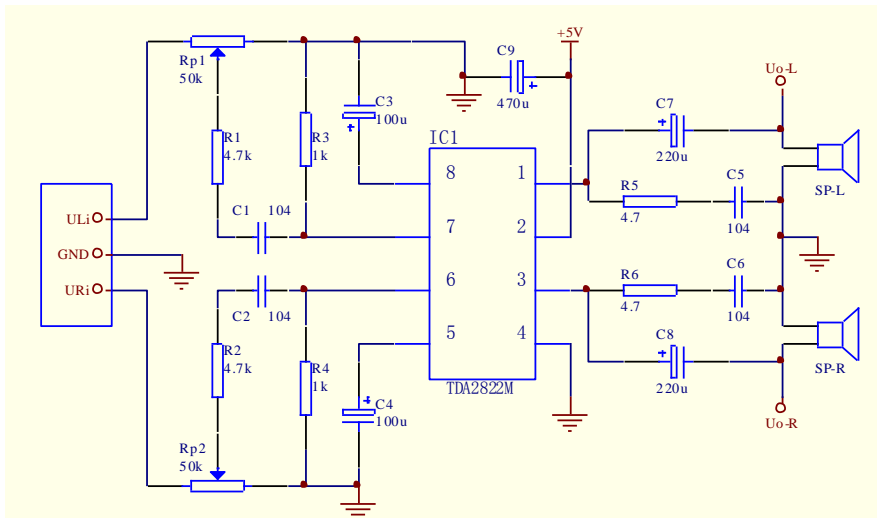


图 10-2 音频功率放大器电路原理图

3. 稳压电源电路原理图

如图 10-3 所示，是稳压电源电路原理图。

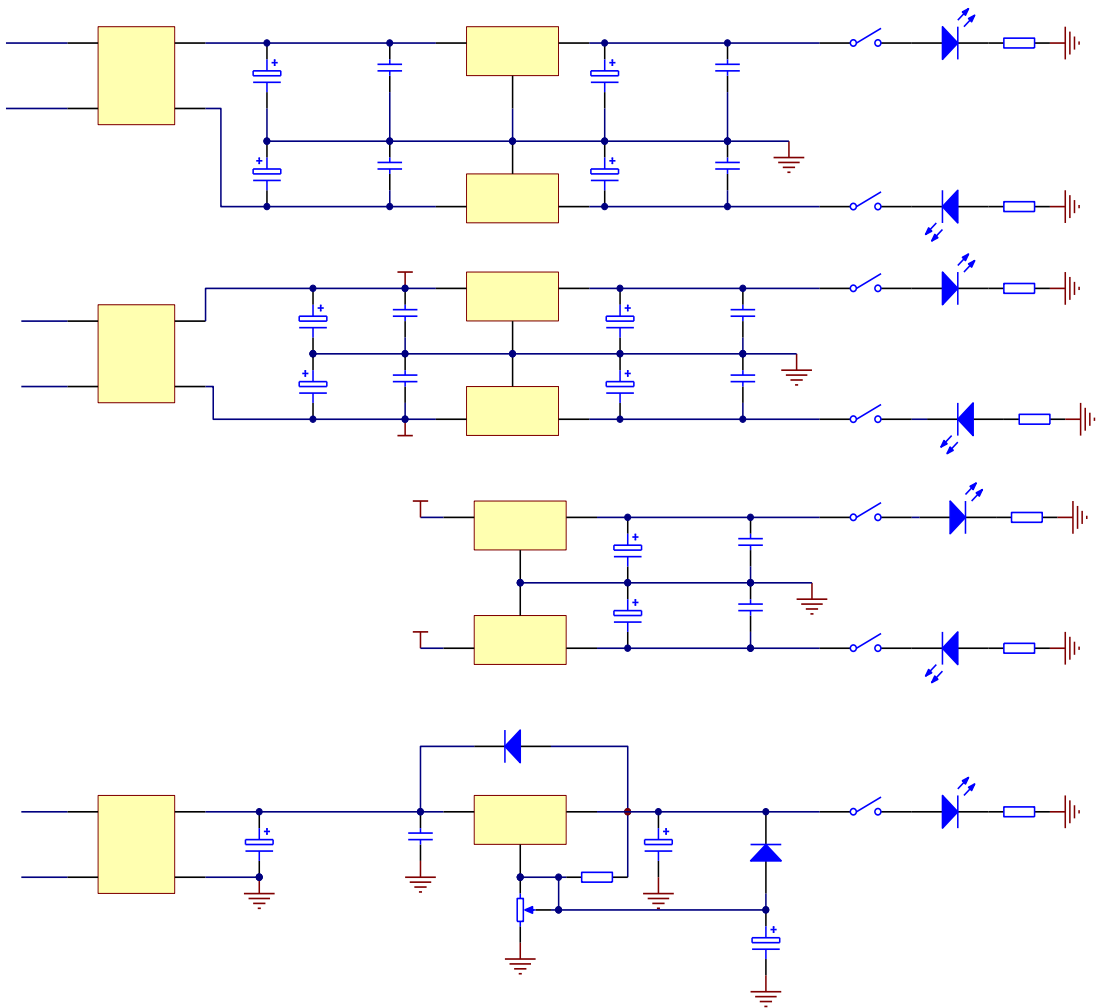


图 10-3 稳压电源电路原理图

4. 电路原理图设计流程

- (1) 建立新的工程文件
- (2) 建立新的 SCH 文档
- (3) 加载元件库;
- (4) 图面设置;
- (5) 元件的放置及编辑;
- (6) 布线;
- (7) 文字的放置及编辑;
- (8) 建立网络表;
- (9) 编辑与调整。

5. PCB 手动布线设计流程

- (1) 建立新的工程文件;
- (2) 建立新的 PCB 文档;
- (3) 加载元件库;
- (4) 规划电路板和设置环境参数;
- (5) 元件的放置及编辑;
- (6) 铜膜线的放置及编辑;
- (7) 文字的放置及编辑;
- (8) 焊盘的放置及编辑;
- (9) 过孔的放置及编辑。

6. PCB 自动布线设计流程

- (1) 建立新的工程文件;
- (2) 建立新的 PCB 文档;
- (3) 规划电路板和设置环境参数;
- (4) 加载元装库;
- (5) 准备原理图和网络表;
- (6) 布局元件;
- (7) 自动布线;
- (8) 手工调整;
- (9) 存盘及打印输出。

7. PCB 布线时线宽的选择

- (1) 信号线的宽度, 一般选: 20mil。
- (2) 边框线的宽度, 一般选: 10mil。
- (3) 电源线、地线的宽度, 一般选: 40~60mil。但电源电路中的电源线、地线因流过的电流较大, 需将电源线、地线加宽。

8. 单面 PCB 印刷电路板的制作流程 (注: 限于学生实习用设备)

- (1) 设计并绘制 SCH 图;
- (2) 设计并绘制 PCB 图;
- (3) 打印: 打印正常底层 PCB 图;
- (4) 打印: 打印镜像编辑后元件面丝网层 PCB 图;
- (5) 热转印: 将底层 PCB 图热转印到覆铜板的覆铜面;
- (6) 腐蚀: 将覆铜板放到腐蚀箱腐蚀 (注: 约 10~15 分钟);
- (7) 清洗: 用去污粉将覆铜板上黑色油墨清洗去;
- (8) 钻孔: 用钻孔机在焊盘处钻孔;

(9) 热转印：将镜像编辑后元件面丝网层 PCB 图热转印到覆铜板的非覆铜面。

四、实训要求

1. 学习 Altium Designer 软件（或 Protel 软件）基础知识，掌握设计 SCH 和 PCB 图的方法和步骤。

2. 设计信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的原理图。

3. 设计信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的 PCB 图。

4. 学习 PCB 电路板的制作工艺，熟悉制作 PCB 电路板的系列仪器设备。

5. 熟悉信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的原理、设计、制作、安装、检测、调试的方法和步骤。

6. 培养综合设计能力、实践创新能力、科研素质和严谨的科学作风。

五、实训内容及步骤

1. 学习 Altium Designer 软件（或 Protel 软件）的基础知识。

2. 掌握设计 SCH 和 PCB 图的方法和步骤。

3. 设计并绘制信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的电路原理图。

4. 设计并绘制信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的 PCB 图。

5. 学习 PCB 电路板的制作工艺，熟悉制作 PCB 电路板的系列仪器设备。

6. 制作信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路的 PCB 电路板。

7. 清点并保存好电路使用的电子元器件。

8. 焊接、安装信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路。

9. 检测、调试信号发生器、音频功率放大器、稳压电源电路，用示波器观察各电路输出端的波形，并画出波形图；用万用表测量各电路的输出电压，并记录电压数值。

10. 完成实训报告。