



高等职业教育规划教材

电子线路装调

主编 孙国荣



苏州大学出版社
Soochow University Press



高等职业教育规划教材

电子线路装调

主 编 孙国荣



苏州大学出版社
Soochow University Press

图书在版编目(CIP)数据

电子线路装调 / 孙国荣主编. — 苏州: 苏州大学出版社, 2016. 5
高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-5672-1670-9

I. ①电… II. ①孙… III. ①电子线路—安装—高等职业教育—教材②电子线路—调试—高等职业教育—教材
IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 090210 号

电子线路装调

孙国荣 主编

责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市十梓街 1 号 邮编: 215006)

苏州恒久印务有限公司印装

(地址: 苏州市友新路 28 号东侧 邮编: 215128)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 6.75 字数 165 千

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5672-1670-9 定价: 18.00 元

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话: 0512-65225020
苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

Preface

前言

电子线路装调是维修电工(中级)培训和考证中的一个重要环节,本书核心内容是电子线路的焊接和调试,整体构思遵循学习者的基础和认知规律,体现由浅入深的特点,编排易于实践的实训项目,使学生能够达到职业资格标准和准职业人的要求。本书以电子线路应用专业的实训和职业技能鉴定为出发点,采用项目教学法编排教学内容,主要分为四个部分,即直流稳压电源电路、基本放大电路、振荡电路、功率放大电路。教材中介绍了维修电工(中级)考证中常用的单相半波整流电路、单相全波整流电容滤波电路、单相桥式整流电容滤波电路、晶体管稳压电路、78/79 系列正负稳压电源电路、可调式正负稳压电源电路、三极管基本放大电路、RC 阻容放大电路、RC 桥式振荡电路、OTL 功率放大电路、集成功率放大电路的元器件检测、工作原理、焊接和调试等各环节并进行讨论,根据工作经验给出了调试及检修方法。

本教材由上海工程技术大学高等职业技术学院、上海市高级技工学校孙国荣老师编写,本教材可作为中级维修电工职业技能培训与鉴定考核教材,也可供中、高等职业院校以及技工类学校电工电子类相关专业师生参考,或供相关从业人员参加在职培训、岗位培训使用,也可作为从事电子生产和维修工作人员的培训用书和自学用书。

编者

Contents 目录

项目一 直流稳压电源电路 / 1

- 任务一 安装和调试单相半波整流电路 / 3
- 任务二 安装和调试单相全波整流、电容滤波电路 / 17
- 任务三 安装和调试单相桥式整流、电容滤波电路 / 24
- 任务四 安装和调试晶体管稳压电路 / 32
- 任务五 安装和调试 78/79 系列正负稳压电源电路 / 39
- 任务六 安装和调试可调式正负稳压电源电路 / 45

项目二 基本放大电路 / 53

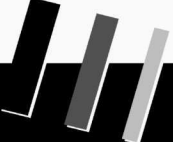
- 任务一 安装和调试三极管基本放大电路 / 55
- 任务二 安装和调试 RC 阻容放大电路 / 66

项目三 振荡电路 / 77

- 任务 安装和调试 RC 桥式振荡电路 / 79

项目四 功率放大电路 / 87

- 任务一 安装和调试 OTL 功率放大电路 / 89
- 任务二 安装和调试集成功率放大电路 / 96



项目一

直流稳压电源电路

教学目标

1. 会熟练阅读各类直流稳压电源电路
2. 会识别、选择、使用常用电子元器件
3. 掌握万用表、示波器等仪器仪表的使用方法
4. 掌握电子线路装调的基本操作

安全规范

1. 电烙铁的使用安全
2. 测量仪器仪表的使用安全

技能要求

1. 能按工艺要求安装电子线路
2. 能按控制要求调试电子线路

任务一

安装和调试单相半波整流电路

➔ 相关知识与技能点

- 1. 二极管的基本原理
- 2. 单相半波整流电路原理
- 3. 示波器应用
- 4. 单相半波整流、电容滤波、稳压管稳压电路的安装
- 5. 单相半波整流、电容滤波、稳压管稳压电路的调试

➔ 工作任务

当人们想把交流电变成直流电时就需要用整流电路。交流电流动方向是反复交替变化的，而直流电是单方向流动的，人们利用二极管的单向导电性将电流转换为一个方向的电流。整流电路中只使用一个二极管，输出电流一半有一半没有的情况称为半波整流，一般用于对直流电要求不是很严格的场合。在小功率整流电路中，单相半波整流电路凭借其电路结构简单的特点广泛应用于电工电子技术中，如图 1-1-1 为单相半波整流、电容滤波、稳压管稳压电路。本次任务为使用焊接工具及测量仪器仪表完成单相半波整流、电容滤波、稳压管稳压电路的安装与调试。

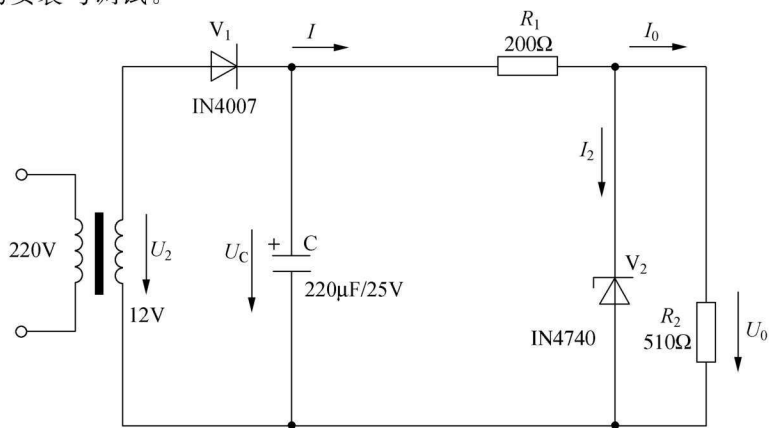


图 1-1-1 单相半波整流、电容滤波、稳压管稳压电路

➔ 相关知识

二极管

1. 二极管的结构与符号

二极管又称晶体二极管,它是一种具有单向传导电流功能的电子器件。在半导体二极管内部有一个 PN 结和两个引线端子,这种电子器件按照外加电压的方向,具备单向传导电流的特性。一般来讲,晶体二极管是一个由 P 型半导体和 N 型半导体烧结形成的 PN 结界面。在其界面的两侧形成空间电荷层,构成自建电场。当外加电压等于零时,由于 PN 结两边载流子的浓度差引起扩散电流和由自建电场引起的漂移电流相等而处于电平衡状态,这也是常态下的二极管特性。图 1-1-2 为二极管结构与表示符号。

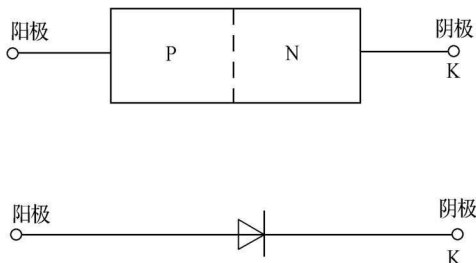


图 1-1-2 二极管结构与表示符号

2. 二极管的分类

二极管种类有很多,按照所用的半导体材料,可分为锗二极管(Ge 管)和硅二极管(Si 管)。根据其不同用途,可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等。按照管芯结构,又可分为点接触型二极管、面接触型二极管及平面型二极管。点接触型二极管是用一根很细的金属丝压在光洁的半导体晶片表面,通以脉冲电流,使触丝一端与晶片牢固地烧结在一起,形成一个“PN 结”。由于是点接触,只允许通过较小的电流(不超过几十毫安),适用于高频小电流电路,如收音机的检波等。面接触型二极管的“PN 结”面积较大,允许通过较大的电流(几安到几十安),主要用于把交流电变换成直流电的“整流”电路中。

平面型二极管是一种特制的硅二极管,它不仅能通过较大的电流,而且性能稳定可靠,多用于开关、脉冲及高频电路中。图 1-1-3 为各类二极管实物图。

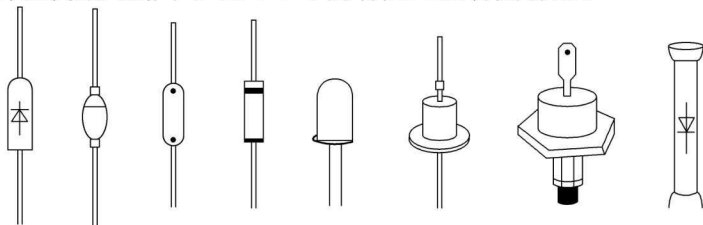


图 1-1-3 各类二极管

3. 二极管的导电特性

二极管最重要的特性就是单方向导电性。在电路中,电流只能从二极管的正极流入,负极流出。

(1) 正向导通。

在电子电路中,将二极管的正极接在高电位端,负极接在低电位端,二极管就会导通,这种连接方式,称为正向偏置。必须说明,当加在二极管两端的正向电压很小时,二极管仍然不能导通,流过二极管的正向电流十分微弱。只有当正向电压达到某一数值(这一数值称为“门槛电压”,锗管约为 0.2V,硅管约为 0.6V)以后,二极管才能真正导通。导通后二极管两端的电压基本上保持不变(锗管约为 0.3V,硅管约为 0.7V),该电压称为二极管的“正向压降”。图 1-1-4 所示为 PN 结正向导通。

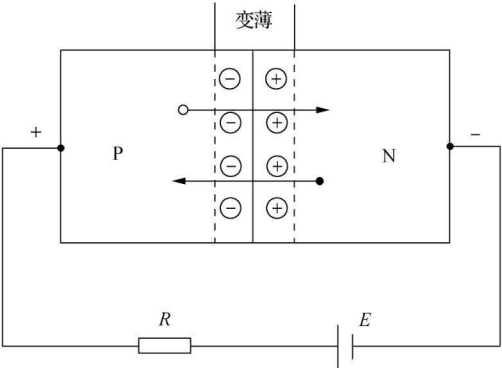


图 1-1-4 PN 结正向导通

(2) 反向截止。

在电子电路中,若二极管的正极接在低电位端,负极接在高电位端,此时二极管中几乎没有电流流过,此时二极管处于截止状态,这种连接方式称为反向偏置。二极管处于反向偏置时,仍然会有微弱的反向电流流过二极管,称为漏电流。当二极管两端的反向电压增大到某一数值,反向电流会急剧增大,二极管将失去单方向导电特性,这种状态称为二极管的击穿。图 1-1-5 所示为 PN 结反向截止。

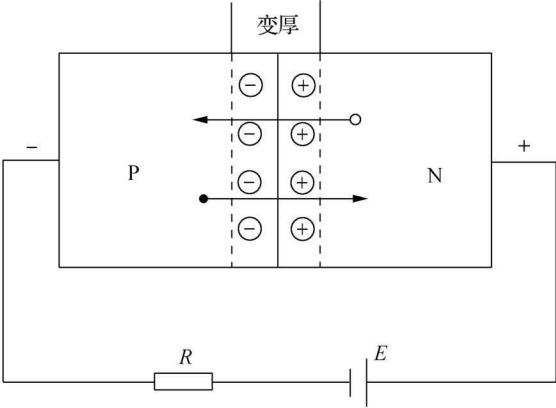


图 1-1-5 PN 结反向截止

(3) 二极管的主要参数。

用来表示二极管性能好坏和适用范围的技术指标称为二极管的参数。不同类型的二极管有不同的特性参数。

① 额定正向工作电流。

额定正向工作电流是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过管子时会使管芯发热,温度上升,温度超过容许限度(硅管为 140°C 左右,锗管为 90°C 左右)时,就会使管芯过热而损坏。所以,二极管在使用中电流不要超过二极管额定正向工作电流值。例如,常用的 IN4001-4007 型锗二极管的额定正向工作电流为 1A。

② 最高反向工作电压。

加在二极管两端的反向电压高到一定值时,会将管子击穿,使其失去单向导电能力。为了保证使用安全,规定了最高反向工作电压值。例如,IN4001 二极管反向耐压为 50V, IN4007 反向耐压为 1000V。

③ 反向电流。

反向电流是指在规定的温度和最高反向电压作用下,流过二极管的反向电流。反向电流越小,管子的单方向导电性能越好。值得注意的是,反向电流与温度有着密切的关系,大约温度每升高 10°C ,反向电流增大一倍。例如,2AP1 型锗二极管,在 25°C 时反向电流若为 $250\mu\text{A}$,温度升高到 35°C ,反向电流将上升到 $500\mu\text{A}$;依此类推,在 75°C 时,它的反向电流已达 8mA,不仅失去了单方向导电特性,还会使管子过热而损坏。又如,2CP10 型硅二极管, 25°C 时反向电流仅为 $5\mu\text{A}$,温度升高到 75°C 时,反向电流也不过 $160\mu\text{A}$ 。故在高温下硅二极管比锗二极管具有更好的稳定性。

➔ 实践操作

一、器件判别

可用数字万用表中的二极管挡进行二极管好坏的判别,检测方式为:检测二极管是否正向导通、反向截止,若是则二极管为好的,若不是则为坏的。检测方式见图 1-1-6。由于制作材料不同,二极管的正向导通电压各有不同,这里不再列举。

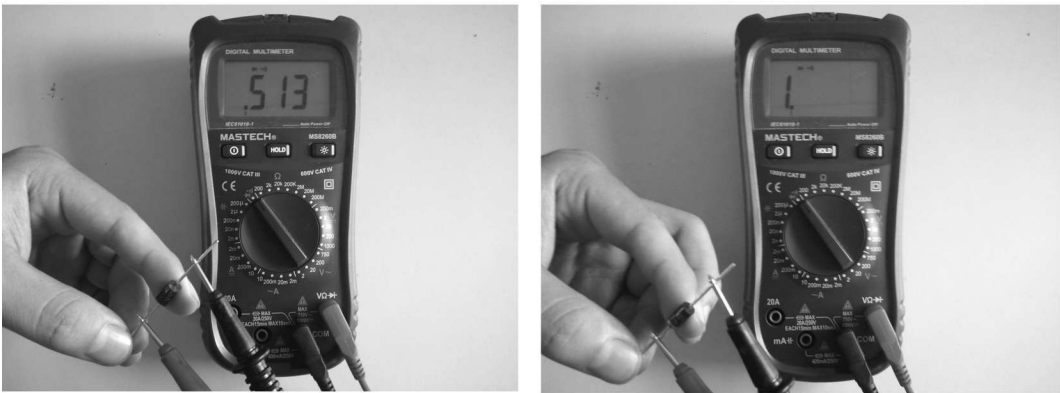


图 1-1-6 整流二极管测量

这里列举几种二极管损坏的状态：

- (1) 正向不导通,反向也不导通。
- (2) 正相导通,反向也导通。
- (3) 二极管短路。
- (4) 二极管开路。

二、电路工作原理分析

1. 单相半波整流电路

单相半波整流电路由变压器、整流二极管和负载三部分组成,如图 1-1-7 所示。

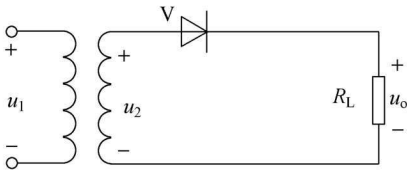


图 1-1-7 单相半波整流电路组成

当 u_2 为正半周时,二极管 V 承受正向电压而导通,此时有电流流过负载,并且和二极管上的电流相等,即 $i_o=i_D$ 。忽略二极管的电压降,则负载两端的输出电压等于变压器副边电压,即 $U_o=U_2$,输出电压 U_o 的波形与 U_2 相同。当 u_2 为负半周时,二极管 V 承受反向电压而截止。此时负载上无电流流过,输出电压 $U_o=0$,变压器副边电压 U_2 全部加在二极管 V 上,电压波形如图 1-1-8 所示。

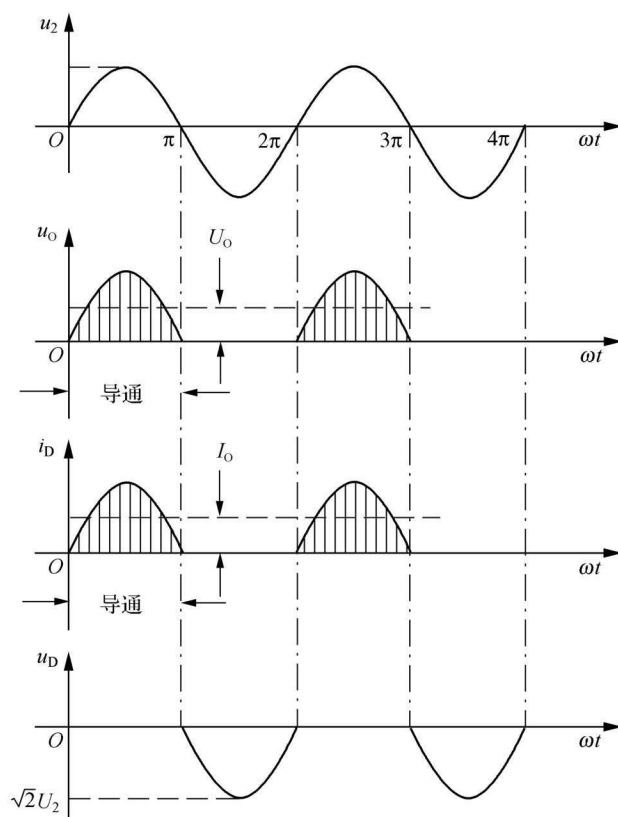


图 1-1-8 波形图

单相半波整流电压的平均值为

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0.45 U_2 \quad (1-1-1)$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-1-2)$$

流经二极管的电流平均值与负载电流平均值相等,即

$$I_D = I_o$$

二极管截止时承受的最高反向电压为 u_2 的最大值,即

$$U_{RM} = U_{2M} = \sqrt{2} U_2$$

一般常用如下经验公式估算电容滤波时的输出电压平均值:

$$\text{半波 } U_o = U_2$$

2. 滤波电路

整流电路可以将交流电转换为直流电,但存在较大的脉动电压,在某些应用中如电镀、蓄电池充电等可直接使用脉动直流电源,但不平整的直流电压对原件的使用寿命有很大的

影响。更多的情况是许多电子设备需要平稳的直流电源。这种电源中的整流电路后面还需加滤波电路将交流成分滤除,以得到比较平滑的输出电压。

滤波通常是利用电容或电感的能量存储功能来实现的。如图 1-1-9(a)所示,假设电路接通时恰恰在 u_2 由负到正过零的时刻,这时二极管 V 开始导通,电源 u_2 在向负载 R_L 供电的同时又对电容 C 充电。如果忽略二极管正向压降,电容电压 u_C 紧随输入电压 u_2 按正弦规律上升至 u_2 的最大值。然后 u_2 继续按正弦规律下降,且 $u_2 < u_C$,使二极管 V 截止,而电容 C 则对负载电阻 R_L 按指数规律放电。 u_C 降至 u_2 大于 u_C 时,二极管又导通,电容 C 再次充电,这样循环下去, u_2 周期性变化,电容 C 周而复始地进行充电和放电,使输出电压脉动减小,如图 1-1-9(b)所示。电容 C 放电的快慢取决于时间常数($\tau = R_L C$)的大小,时间常数越大,电容 C 放电越慢,输出电压 u_o 就越平坦,平均值也越高。

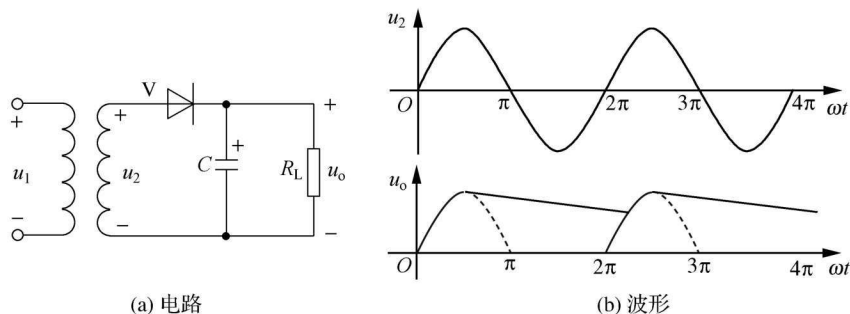


图 1-1-9 滤波电路及输出电压波形

为了获得较平滑的输出电压,在输出负载唯一的前提下,滤波电容 C 一般选择体积小、容量大的电解电容器,以便于增加时间系数 τ 。应注意,普通电解电容器有正、负极性,使用时正极必须接高电位端,如果接反了会造成电解电容器的损坏。

加入滤波电容以后,二极管导通时间缩短,且在短时间内承受较大的冲击电流($i_C + i_o$),为了保证二极管的安全,选管时应放宽裕量。

单相半波整流、电容滤波电路中,二极管承受的反向电压为 $u_{DR} = u_C + u_2$,当负载开路时,承受的反向电压最高,为 $U_{RM} = 2\sqrt{2}U_2$ 。

电容滤波电路的输出电压在负载变化时波动较大,说明它的带负载能力较差,只适用于负载较轻且变化不大的场合。

3. 稳压电路

将不稳定的直流电压变换成稳定且可调的直流电压的电路称为直流稳压电路。

直流稳压电路按调整器件的工作状态可分为线性稳压电路和开关稳压电路两大类。前者使用起来简单易行,但转换效率低,体积大;后者体积小,转换效率高,但控制电路较复杂。

输入电压 U_i 波动时会引起输出电压 U_o 波动。如 U_i 升高将导致稳压管的电流 I_Z 急剧增加,使得电阻 R 上的电流 I 和电压 U_R 迅速增大,从而使 U_o 基本上保持不变。反之,当 U_i

减小时, U_R 相应减小, 仍可保持 U_o 基本不变。

当负载电流 I_o 发生变化引起输出电压 U_o 发生变化时, 同样会引起 I_Z 的相应变化, 使得 U_o 保持基本稳定。如当 I_o 增大时, I 和 U_R 均会随之增大使得 U_o 下降, 这将导致 I_Z 急剧减小, 使 I 仍维持原有数值, 保持 U_R 不变, 使 U_o 得以稳定, 如图 1-1-10 所示。

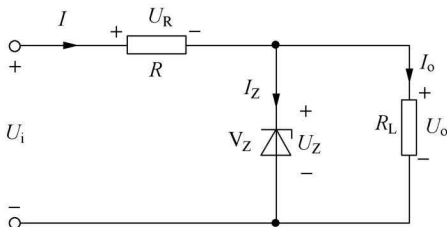


图 1-1-10 稳压管稳压过程

三、安装训练步骤

- (1) 按照电路原理图从左到右、从上到下进行焊接, 焊点应在印板的反面。
- (2) 焊接时, 把印板的公共接地端始终放在下面, 使方向不会错。
- (3) 线路连接要简洁, 焊接质量要好。
- (4) 一个节点上的所有元件的引线都应该用导线连接起来, 不能漏掉, 也不能多连。
- (5) 在一个节点上的连接线要尽量连贯, 不应接触的导线之间要保持适当的距离。
- (6) 导线连接好后应对照原理图多检查几遍, 确定无误后才能通电调试。

图 1-1-11 为印刷线路板安装示意图。

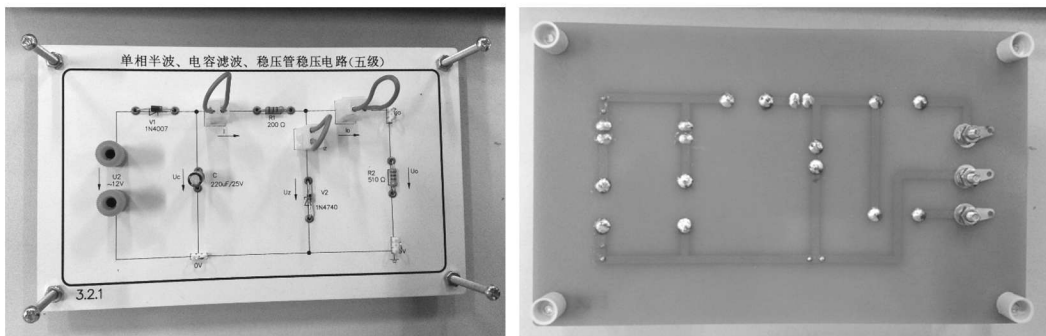


图 1-1-11 安装印刷线路板

四、电路调试

- (1) 检查确认元件及背后连接线无错误。
- (2) 接通电源, 万用表置于合适的交流电压挡测量输入交流电压, 测量电压时万用表表杆与被测点并联, 如图 1-1-12 所示。

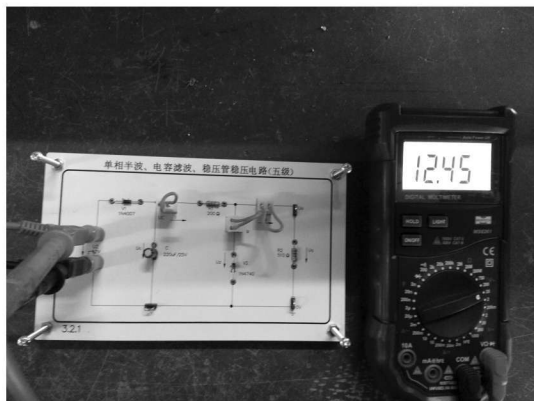


图 1-1-12 用万用表测量输入电压

(3) 用万用表直流电压挡测量电路中直流电压,如图 1-1-13 和图 1-1-14 所示。万用表两表笔和被测电路或负载并联即可,注意红、黑表棒的放置位置(红表棒接“+”,黑表棒接“-”)。

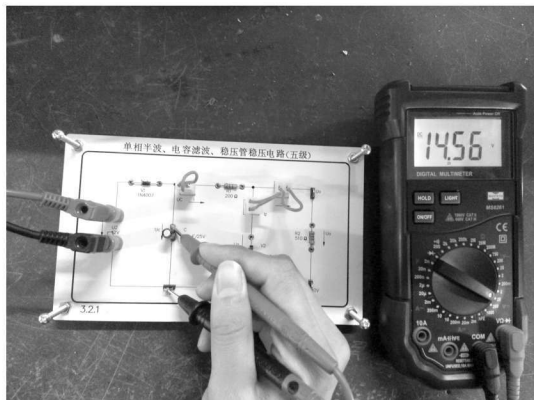


图 1-1-13 用万用表测量电容滤波后电压

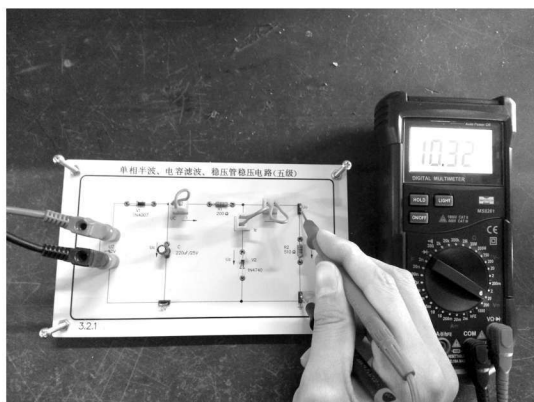


图 1-1-14 用万用表测量输出电压

(4) 测量直流电流时,将万用表的一个转换开关置于直流电流挡合适量程上,电流的量程选择和读数方法与测电压一样。测量时必须先断开该部分测试电路,然后按照电流从“+”到“-”的方向,将万用表串联到被测电路中,即电流从红表笔流入,从黑表笔流出,如图

1-1-15 所示。如果误将万用表与负载并联,则因表头的内阻很小,会造成短路烧毁仪表。用数字万用表测较小电流,用“mA”挡即可,“com”挡连接不变。测较大电流时,用“A”挡和“com”挡。若量程选用有误,则可能造成测量不准确或者万用表损坏。图 1-1-15~图 1-1-17 为用万用表测量电流。

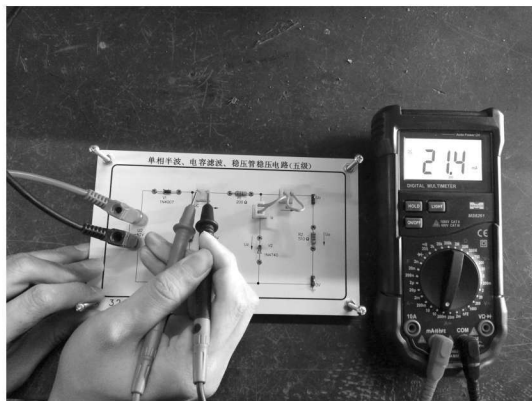


图 1-1-15 用万用表测量总电流

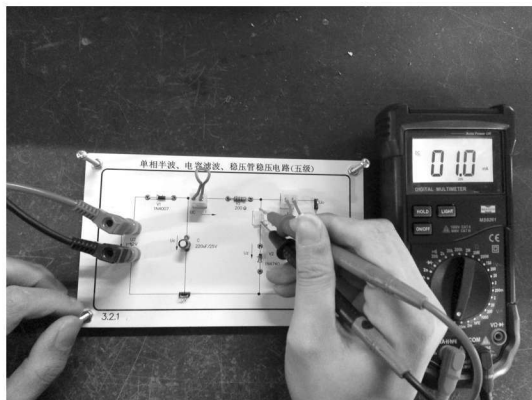


图 1-1-16 用万用表测量稳压管电流

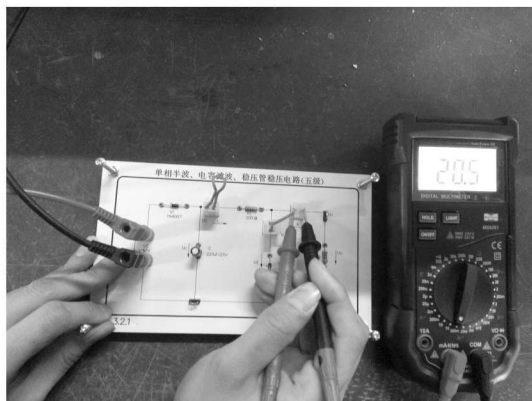


图 1-1-17 用万用表测量输出电流