

1

简易充电器电路分析与制作

【任务描述】

交流电是使用最方便的电源，但日常生活中有些电气设备直接或间接使用直流电源才能工作，这就需要一种能够提供直流电源的装置，这种装置称为直流稳压电源。

本任务按照并联型直流稳压电源的组成制作一个用稳压二极管稳压的并联型直流稳压电源。

一、任务目标

1. 知识目标

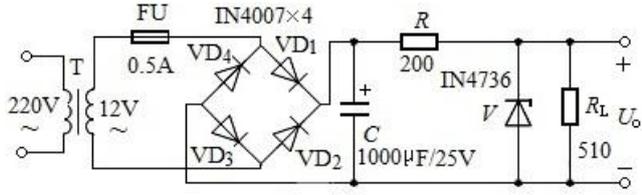
- (1) 熟悉二极管的结构、符号、分类与特性。
- (2) 了解电容滤波的原理。
- (3) 了解集成三端稳压器的型号含义。
- (4) 理解稳压二极管的稳压原理。
- (5) 掌握稳压电路的组成及工作原理。

2. 技能目标

- (1) 能够查阅二极管、稳压二极管等器件的技术资料。
- (2) 能对二极管、电容器、稳压二极管及小型变压器等器件进行检测和判别。
- (3) 能按照装配工艺进行直流稳压电源的安装。
- (4) 能排除直流稳压电源的各类故障。
- (5) 能正确应用三端稳压器。

二、任务学习情境

简易充电器电路分析与制作

名称	输出电压为 6V 的并联型直流稳压电源的制作
内容	<p>简易充电器电路的分析与制作</p> 
要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟悉电路各元件的作用 2. 根据电路参数进行元器件的检测 3. 电路元件的安装 4. 电路参数测试与调整 5. 撰写电路制作报告

【相关知识】

一、直流稳压电源简介

1. 直流稳压电源的类型

直流稳压电源有很多类型，有并联型、串联型、集成稳压电源和开关稳压电源等。并联型稳压电源是由稳压二极管和负载并联而组成的直流稳压电源。

2. 直流稳压电源的组成及各部分作用

直流稳压电源的组成框图如图 1.2.1-1 所示。

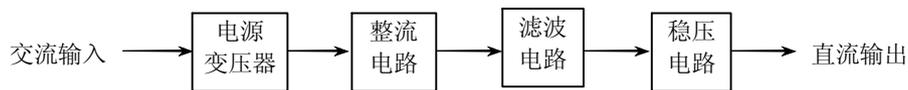


图 1.2.1-1 直流稳压电源组成框图

(1) 变压电路。

使用降压变压器将 220V、50Hz 的交流电变换为大小适当的低压交流电。

(2) 整流电路。

使用整流二极管或整流模块将交流电变为脉动直流电。

(3) 滤波电路。

经常使用电解电容器或电感器把脉动的直流电变为较平滑的直流电。

(4) 稳压电路。

并联型稳压电源使用稳压二极管把波动的直流电压变为稳定的直流电压。

3. 直流稳压电源的主要技术指标

(1) 特性指标。

- 输入电压及其变化范围。
- 输出电压及其变化范围。
- 输出电流。

(2) 质量指标。

- 电压调整率：环境温度和负载电流不变，输入电压变化 10%时输出电压的变化量，单位为 mV。
- 电流调整率：温度不变时，负载电流变化 10%时输出电压的变化量，单位为 mV。
- 纹波电压：指叠加在直流输出电压上的交流电压分量，通常用有效值或峰值表示。

二、半导体基础知识

半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一种物质。常用的半导体材料有硅、锗、砷化镓等，其中硅和锗是最常用的半导体材料。

半导体具有不同于其他物质的独特性质，主要有以下三点：

- 热敏特性：半导体受到外界热的激发时，其导电能力显著增强。
- 光敏特性：半导体受到光的照射时，其导电能力明显增强。
- 掺杂特性：在纯净的半导体中加入微量杂质元素，其导电能力显著增强。

1. 半导体的类型及特性

半导体分为本征半导体和杂质半导体。

(1) 本征半导体。

纯净的具有晶体结构的半导体称为本征半导体。半导体最外层有 4 个电子称为价电子，硅或锗制成晶体后，每个原子的 4 个价电子不仅受自身原子核的吸引，还与相邻的 4 个原子相互作用，形成共价键结构，如图 1.2.2-1 所示。

本征半导体中的共价键结构使电子受到两个原子核的吸引被束缚，自由移动的电子数量很少。当温度升高或受光照射时，共价键结构中的价电子获得能量挣脱共价键的束缚成为自由电子，同时在共价键中留下一个空位，称为空穴，如图 1.2.2-2 所示。电子和空穴都可以看成是带电粒子，称为载流子。电子带负电，空穴带正电。

在本征半导体中，自由电子和空穴成对出现且数量相等，称它们为电子空穴对。这种在热或光的作用下，本征半导体产生电子空穴对的现象叫做本征激发。

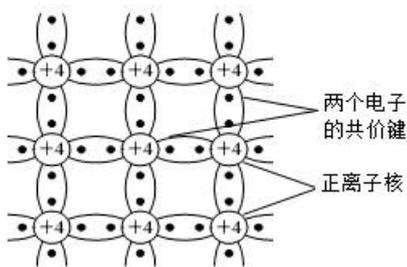


图 1.2.2-1 硅半导体的共价键结构

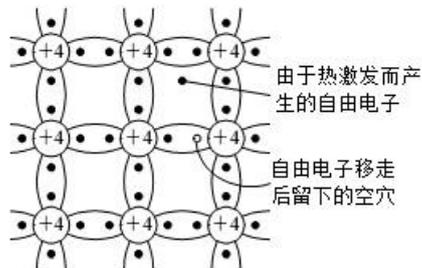


图 1.2.2-2 本征激发电子空穴对示意图

在一定的温度下，本征半导体中的电子空穴对的数目基本保持不变。温度升高，电子空穴数目增多，导电能力也越强。所以，温度是影响半导体导电能力的一个很重要的外部因素。

(2) 杂质半导体。

本征半导体中自由电子和空穴数量很少，导电能力很弱。如果在其中掺入微量的杂质（某种元素），其导电能力会显著增强。因掺入的杂质不同，杂质半导体可分为 N 型半导体和 P 型半导体。

1) N 型半导体。

在四价的硅（或锗）晶体中掺入少量五价元素磷（P），磷原子会占据某些硅原子的位置，如图 1.2.2-3（a）所示。磷原子有 5 个价电子，其中有 4 个和相邻的硅原子组成共价键结构，余下的一个电子因不受共价键的束缚而成为自由电子。这样，在半导体中除了因本征激发产生等量电子空穴对外，每掺入一个磷原子就会增加一个自由电子，使半导体的导电能力增强。

这种半导体主要靠自由电子导电，故称其为电子型半导体或 N 型半导体。N 型半导体中，自由电子数远大于空穴数，自由电子是多数载流子（简称多子），空穴是少数载流子（简称少子）。不难理解，N 型半导体总体上对外仍呈电中性，其多子（电子）的浓度取决于所掺杂质的浓度。

2) P 型半导体。

在本征半导体中掺入微量的三价杂质元素硼（B），硼原子取代晶体中某些晶格上的硅（或锗）原子。硼元素的三个价电子与周围四个硅（或锗）原子形成共价键时缺少一个电子，从而产生了一个空位，如图 1.2.2-3（b）所示。邻近的硅（或锗）原子的价电子很容易来填补这个空位，于是在该价电子的原位上就产生了一个空穴。这样在半导体中除了因本征激发产生等量的电子空穴对外，每掺入一个硼原子就会增加一个空穴。半导体掺杂硼原子后，空穴数远大于自由电子数，空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子，半导体导电主要靠空穴导电，故称空穴型半导体，简称 P 型半导体。与 N 型半导体相同，掺入的杂质越多，空穴的浓度越高，导电能力越强。

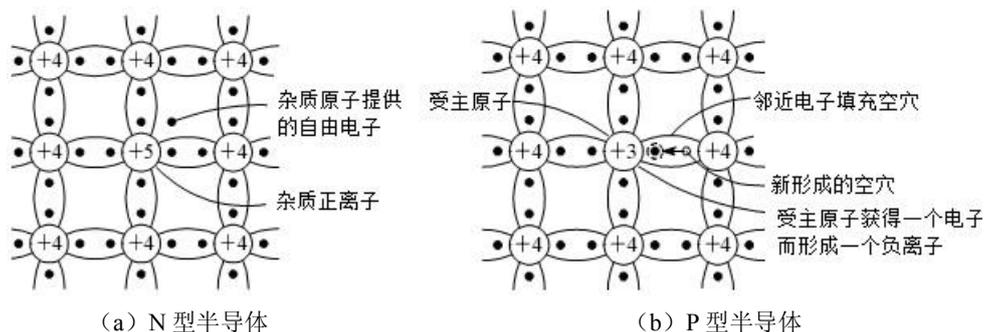


图 1.2.2-3 掺杂半导体的形成

2. PN 结及其单向导电性

用掺杂工艺使一个完整的半导体，一部分形成 P 型半导体，另一部分形成 N 型半导体，在它们的交界面上就形成了 PN 结，PN 结具有单向导电性。

(1) PN 结的形成。

在一块完整的晶体硅片上，通过一定的掺杂工艺，一边形成 P 型半导体，另一边形成 N 型半导体，在两种半导体交接面两侧，由于两种半导体载流子存在浓度差，使 P 区的空穴向 N 区扩散，并与 N 区中的自由电子复合；N 区的电子向 P 区扩散，并与 P 区中的空穴复合而消失，如图 1.2.2-4 (a) 所示。

载流子扩散运动的结果，使交界面 N 区一侧失去电子而留下不能移动的正离子；P 区一侧失去空穴而留下不能移动的负离子。这些不能移动的带电离子称为空间电荷，该区域称为空间电荷区。在空间电荷区形成了由 N 区指向 P 区的电场，如图 1.2.2-4 (b) 所示。为区别外加电压建立的电场，称该空间电荷区电场为内电场。

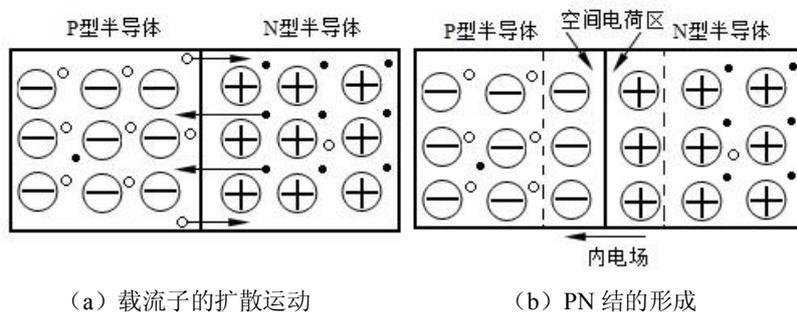


图 1.2.2-4 PN 结的形成

随着扩散运动的进行，空间电荷区加宽，内电场增强。内电场对多数载流子的扩散运动起到阻碍作用，但对少数载流子的运动起到增强作用，我们把在内电场作用下少数载流子的运动称为漂移运动。

由以上分析可见，载流子在 P 区和 N 区的交界面发生着扩散和漂移两种运动。开始时扩散运动强于漂移运动，随着内电场的逐渐增强，扩散运动减弱，漂移运动增强。最后，扩散运动和漂移运动达到动态平衡，空间电荷区宽度不再发生变化，形成了宽度相对稳定的空间电荷区，我们把这个空间电荷区称为 PN 结。

(2) PN 结的单向导电性。

如果在 PN 结的两端外加电压，就将破坏原来的平衡状态。外加电压的极性不同 PN 结表现出截然不同的导电性能，即呈现出单向导电性。

1) PN 结外加正向电压导通。

外加电源的正极接 PN 结的 P 区，负极接 PN 结的 N 区，称 PN 结外加正向电压，也称正向偏置。PN 结正向偏置时，外电场方向与 PN 结内电场方向相反，使内电场削弱，空间电荷区变窄，多数载流子的扩散运动增强，而少数载流子的漂移运动减弱，从而形成较大的扩散电流，方向由 P 区流向 N 区（称为正向电流），PN 结导通，如图 1.2.2-5 (a) 所示。

PN 结导通时的结压降只有零点几伏，需要在回路中串联一个电阻以限制回路的电流，防止 PN 结因正向电流过大而损坏。

2) PN 结外加反向电压截止。

外加电源的正极接 PN 结的 N 区，负极接 PN 结的 P 区，称 PN 结外加反向电压，也称反向偏置。PN 结反向偏置时，外电场与 PN 结内电场方向相同，使内电场增强，空间电荷区变宽，多数载流子的扩散运动减弱，而少数载流子的漂移运动增强，形成了由 N 区流向 P 区的反向电流，也称为漂移电流，如图 1.2.2-5 (b) 所示。由于少数载流子的数量极少，所以反向电流也非常小，可忽略不计，认为 PN 结外加反向电压时处于截止状态。

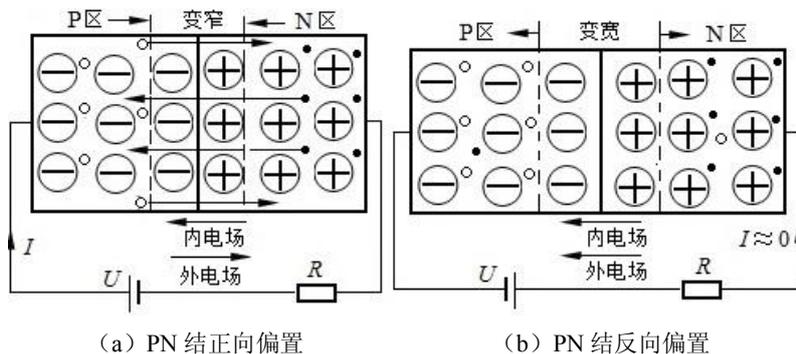


图 1.2.2-5 PN 结的单向导电性

由上述分析可知：PN 结外加正向电压时，具有较大的正向扩散电流，正向电阻很小，PN 结导通；PN 结外加反向电压时，只有很小的反向漂移电流，反向电阻很大，PN 结截止。PN 结具有单向导电性。

三、半导体二极管

1. 半导体二极管的结构、符号和类型

(1) 结构、符号。

从 PN 结的 P 区和 N 区各引出一根电极引线，并用外壳封装起来，就构成了二极管。其中从 P 区引出的电极为阳极，从 N 区引出的电极为阴极。二极管的结构外形及电路符号、文字符号如图 1.2.3-1 所示。图中箭头指向为正向导通时的电流方向。

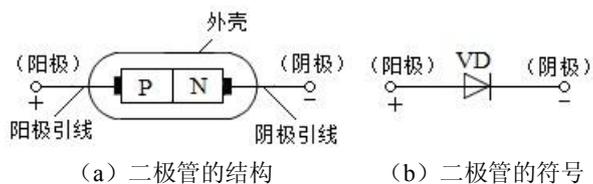


图 1.2.3-1 二极管的结构和符号

常见二极管的封装形式如图 1.2.3-2 所示。



图 1.2.3-2 二极管常见的封装形式

(2) 类型。

按材料分，有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等。

按结构分：根据 PN 结面积大小，有点接触型二极管、面接触型二极管和平面型二极管等。

- 点接触型二极管：PN 结面积小，结电容小，用于检波和变频等高频电路。
- 面接触型二极管：PN 结的面积大，能通过较大的电流（可达几千安培），但结电容也大，适用于频率较低的整流电路。
- 平面型二极管：采用先进的集成电路制造工艺制成，特点是结面积较大时能通过较大的电流，适用于大功率整流电路；结面积较小时，结电容较小，工作频率较高，适用于开关电路。

按用途分，有整流、稳压、开关、发光、光电、变容、阻尼等二极管。

按封装形式分，有塑封及金属封等二极管。

按功率分，有大功率、中功率及小功率等二极管。

2. 二极管的伏安特性

二极管的核心是 PN 结，二极管的特性就是 PN 结的特性，即单向导电性，常用伏安特性曲线来形象地描述二极管的单向导电性。

以电压为横坐标，电流为纵坐标，用作图法把加在二极管两端的电压和流过二极管的电流用平滑的曲线连接起来，就形成了二极管的伏安特性曲线，如图 1.2.3-3 所示（图中虚线为锗管的伏安特性，实线为硅管的伏安特性）。

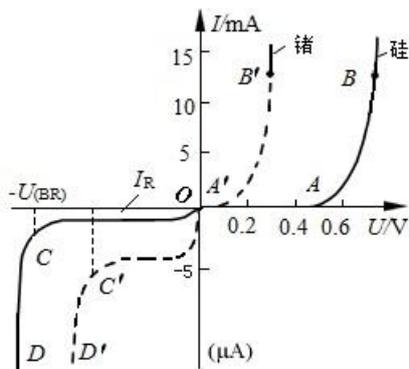


图 1.2.3-3 二极管的伏安特性曲线

(1) 正向特性。

二极管两端加正向电压时，其电压电流间的关系曲线称为二极管的正向特性。当正向电压较小时，正向电流极小（几乎为零），二极管不导通，我们把这一区域称为死区，相应的 A (A') 点的电压称为死区电压。一般硅管死区电压约为 0.5V ，锗管约为 0.1V ，见图 1.2.3-3 中的 OA (OA') 段。

当正向电压超过死区电压后，正向电流随电压的增加按指数规律迅速上升，二极管呈现很小的电阻而处于导通状态。

二极管导通后，在正常使用的电流范围内，其正向压降很小，且几乎维持恒定。一般硅管的导通压降约为 $0.6\sim 0.8\text{V}$ （通常取 0.7V ），锗管约为 $0.2\sim 0.3\text{V}$ （通常取 0.2V ），见图 1.2.3-3 中的 AB ($A'B'$) 段。

二极管正向导通时，要特别注意其正向电流不能超过最大值，否则将烧坏 PN 结。

(2) 反向特性。

二极管两端加反向电压时，二极管的电压电流关系曲线称为二极管的反向特性。由图 1.2.3-3 可以看出，在开始很大范围内，二极管相当于非常大的电阻，只有很小的反向电流且反向电流的大小基本恒定，称为反向饱和电流，见图 1.2.3-3 中的 OC (OC') 段。一般硅管的反向饱和电流比锗管小，前者在几微安以下，而后者可达数百微安。

(3) 反向击穿特性。

二极管反向电压增大到某一数值 $U_{(BR)}$ 时，反向电流急剧增大，这种现象称为反向击穿，

$U_{(BR)}$ 称为反向击穿电压, 如图 1.2.3-3 中的 CD ($C'D'$) 段所示。一般来讲, 二极管的电击穿是可以恢复的, 只要外加电压减小即可恢复常态; 若二极管发生电击穿后, 反向电流很大且反向电压很高, 致使 PN 结温度过热而烧毁 (称为热击穿), 二极管便会失去单向导电性造成永久损坏。

3. 二极管的型号命名

国产半导体二极管的型号由五个部分组成。其型号组成部分的符号及其意义参见附表 1-1, 国外半导体二极管的型号命名参见附录一。

4. 二极管的主要参数

二极管的参数简要标明了二极管的性能和使用条件, 是正确选择和使用二极管的依据。主要参数包括以下三个:

(1) 最大整流电流 I_F 。

最大整流电流是指二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流。在规定的散热条件下, 二极管的正向电流超过此值, 会因 PN 结温升过高而烧坏。

(2) 最大反向工作电压 U_R 。

二极管正常工作时, 允许外加的最高反向电压值 (峰值)。若超过此值, 二极管可能因反向击穿而损坏。通常 U_R 为反向击穿电压 $U_{(BR)}$ 的一半左右。

(3) 反向电流 I_R 。

I_R 是二极管未击穿时的反向电流。 I_R 越小, 二极管的单向导电性越好, I_R 对温度非常敏感。

其他参数, 如二极管的最高工作频率、最大整流电流下的正向压降、结电容等, 可查阅产品手册。部分整流二极管的参数参见附录二。

四、单相整流电路

整流是利用二极管的单向导电性, 把交流电变成脉动直流电压的过程, 在小功率整流电路中, 一般采用单相整流电路。单相整流电路有单相半波整流电路、单相全波整流电路和单相桥式整流电路三种。在此主要介绍应用较为广泛的单相半波整流电路和单相桥式整流电路。

1. 单相半波整流电路

(1) 电路组成。

单相半波整流电路如图 1.2.4-1 (a) 所示。T 为整流变压器, 将 220V 的交流电变为所需的低压交流电, VD 为整流二极管, R_L 为负载电阻。

(2) 工作原理。

分析工作原理时, 为简化分析, 把二极管看成理想元件, 即二极管只要承受正向电压, 二极管就导通, 且导通后管压降为零; 二极管只要承受反向电压, 二极管截止, 反向电流为零, 即作开路处理。

设变压器二次侧电压为 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ 。当 u_2 为正半周 ($0 \leq \omega t \leq \pi$) 时, 二极管因承受正向电压而导通, 电流从 u_2 的正极经二极管、负载电路回到 u_2 的负极, 流过二极管的电流 i_D 与流过负载电阻 R_L 的电流相同, 即 $i_o = i_D$, 负载电阻上的电压 $u_o = u_2$ 。

u_2 为负半周时, 二极管因承受反向电压而截止, 电路电流为零 (有很小的反向漏电流), 负载电压为零, 波形如图 1.2.4-1 (b) 所示。由于该电路只在正半周有输出电压, 负半周无输出电压, 故称为半波整流电路。

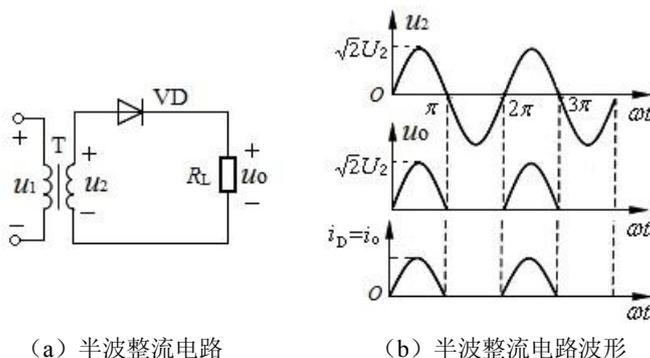


图 1.2.4-1 单相半波整流电路及波形图

(3) 负载上的直流电压和电流的计算。

半波整流电路输出电压的平均值 U_o 为:

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.45U_2 \quad (1.2-1)$$

流过二极管和负载的直流电流平均值为:

$$I_L = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1.2-2)$$

二极管所承受的最高反向工作电压为:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.2-3)$$

2. 单相桥式整流电路

(1) 电路组成。

桥式整流电路的组成如图 1.2.4-2 (a) 所示。电路由变压器、四个整流二极管和负载组成, 四只二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 构成电桥形式, 故称为桥式整流, 其简化画法如图 1.2.4-2 (b) 所示。

(2) 工作原理。

电源电压 u_2 的正半周 (A 端为正, B 端为负), 二极管 VD_1 、 VD_3 承受正向电压导通, 电流通路如图 1.2.4-3 (a) 所示, 负载上的电压为正弦电压的正半周。

电源电压 u_2 的负半周 (A 端为负, B 端为正), 二极管 VD_2 、 VD_4 承受正向电压导通, 电流通路如图 1.2.4-3 (b) 中所示。负载上的电压仍为正弦电压的正半周, 负载电压波形如图 1.2.4-3

(c) 所示。

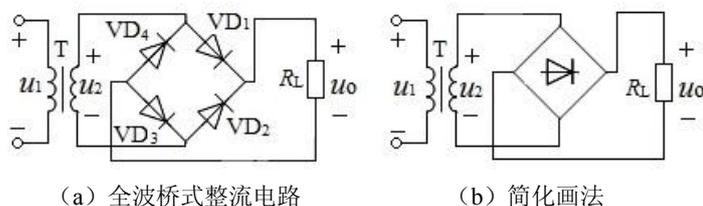


图 1.2.4-2 单相全波桥式整流电路

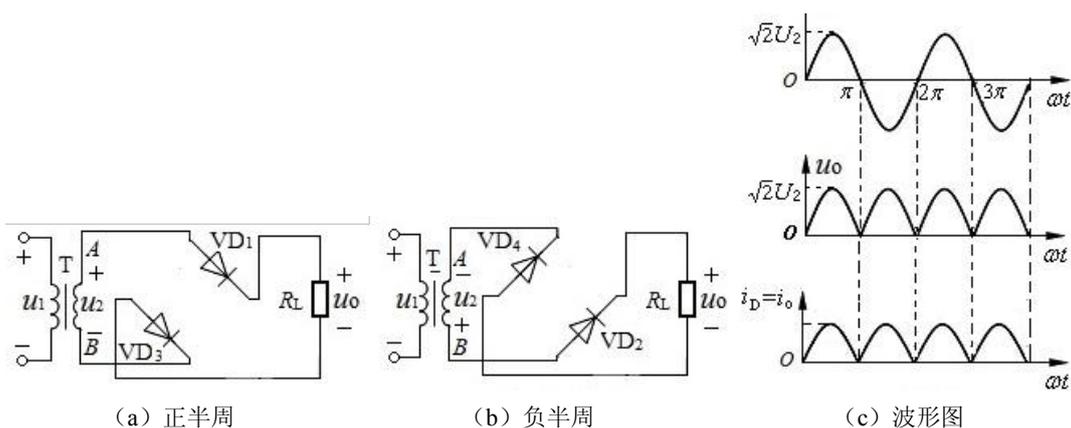


图 1.2.4-3 电流通路及波形

通过 R_L 的电流 i_o 波形与电压 u_o 的波形形状相似, i_o 、 u_o 都是单方向的全波脉动波形。

(3) 负载上的直流电压和电流的计算。

直流电压是指一个周期内脉冲电压的平均值, 即:

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9U_2 \quad (1.2-4)$$

流过负载的直流电流平均值为:

$$I_L = \frac{U_o}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L} \quad (1.2-5)$$

流过二极管的平均电流 I_D 是负载 R_L 上流过的一半, 即:

$$I_D = \frac{1}{2} I_L = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

二极管所承受的最高反向工作电压为:

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.2-6)$$

将桥式整流电路的四只二极管制作在一起封装形成的器件称为整流桥, 其等效电路和外形如图 1.2.4.4 所示。

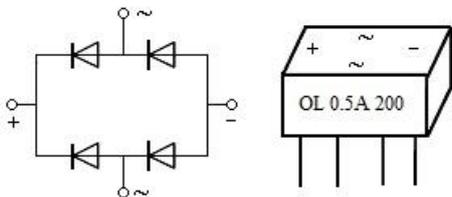


图 1.2.4-4 整流桥内部结构及外形

【例 1.1】有一单相桥式整流电路，交流输入电压为 220V， $R_L = 80\Omega$ ，要求输出电压 $U_o = 110V$ ，如何选用二极管？

解：负载电流：
$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = \frac{110}{80} = 1.4A$$

流过整流二极管的电流：
$$I_D = \frac{1}{2}I_o = 0.7A$$

变压器二次侧电压：
$$U_2 = \frac{U_o}{0.9} = 122V$$

二极管最高反向工作电压：
$$U_{RM} = \sqrt{2} \times 122V = 172V$$

可选四只 2CZ12C 二极管，其最大整流电流为 1A，最高反向电压为 300V。

五、电容滤波电路

1. 电路组成

电容滤波电路的组成如图 1.2.5-1 (a) 所示。它是在整流电路的基础上，在负载两端并联电解电容器，利用电容器的充放电特性达到滤波的目的。

2. 工作原理

单相整流电路输出电压为脉动直流电压，含有较大的谐波分量。为降低谐波分量，使输出电压更加平稳，需要加滤波电路。

滤除脉动直流电压中交流分量的电路称为滤波电路，利用电容器的充放电特性可实现滤波。图 1.2.5-1 (b) 所示为电容滤波的原理波形图。

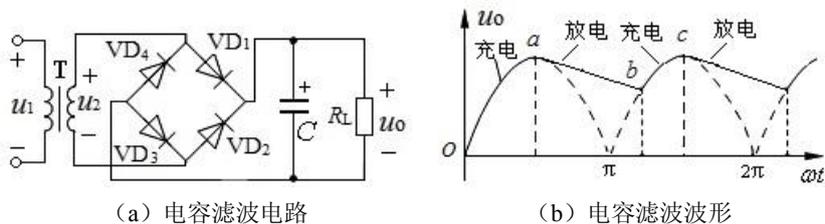


图 1.2.5-1 电容滤波电路及波形

当 u_2 为第一个正半周时，二极管 VD_1 、 VD_3 导通，电容 C 被充电。因二极管导通电阻很

小，充电时间常数 $\tau = RC$ 小，电容两端的电压能跟随 u_2 的上升而逐渐升高，在 $\omega t = \frac{\pi}{2}$ 时刻，电容电压达到 u_2 的峰值 $\sqrt{2}U_2$ 。

在 $\omega t = \frac{\pi}{2}$ 以后， u_2 开始下降，电容器 C 通过负载电阻 R_L 放电。由于放电时间常数 $\tau = R_L C$ 很大，电容 C 通过负载 R_L 缓慢放电，电容器上的电压基本保持在 $\sqrt{2}U_2$ 不变，使 $u_2 < u_C$ ，四个二极管均处于反向截止状态，如图 1.2.5-1 (b) 中的 ab 段。

u_2 负半周时，当 u_2 上升到 $|u_2| > u_C$ 时 VD_2 、 VD_4 导通，电容 C 又被充电，如图 1.2.5-1 (b) 中的 bc 段。

电容 C 如此周而复始进行充放电，负载上便得到近似如图 1.2.5-1 (b) 所示的锯齿波的输出电压。

电容滤波后，输出电压变化更加平滑，谐波分量大大减小，输出电压平均值得到提高。

3. 电容滤波电路输出直流电压的计算

由图 1.2.5-1 (b) 可知，整流电路加入电容滤波后，输出电压平均值得到提高。实际计算时，一般取：

$$\text{半波整流电容滤波：} \quad U_o \approx 1.0U_2 \quad (1.2-7)$$

$$\text{桥式整流电容滤波：} \quad U_o \approx 1.2U_2 \quad (1.2-8)$$

六、稳压二极管稳压电路

稳压二极管简称稳压管，是一种用特殊工艺制造的面接触型硅半导体二极管。稳压二极管具有以下特性：正常工作时工作在反向击穿状态，反向击穿后，在规定的使用电流范围内不会因击穿而损坏；稳压二极管反向击穿后，反向电流在一定范围内变化而两端电压基本维持不变，从而达到稳压的目的，故称为稳压管。

1. 稳压二极管的电路符号、伏安特性

稳压二极管的电路符号、文字符号如图 1.2.6-1 (b) 所示，伏安特性如图 1.2.6-1 (c) 所示。由伏安曲线可以看出，稳压管正向特性曲线和普通二极管相似，而它的反向特性与二极管不同。当反向电压小于击穿电压 U_Z （又称稳压管的稳定电压）时，反向电流极小；当反向电压增加到 U_Z 后，二极管被反向击穿，反向电流急剧增加，但其两端的电压基本不变，对应于反向特性曲线的 AB 段，称为击穿区。稳压管被反向击穿时，只要反向电流不超过允许范围，就不会发生热击穿而损坏。在实际应用电路中，为防止稳压管过流，必须串联一个适当的限流电阻后再接入电源。

2. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z 。

U_Z 是稳压管反向击穿后，电流为规定值时稳压管两端的电压值。

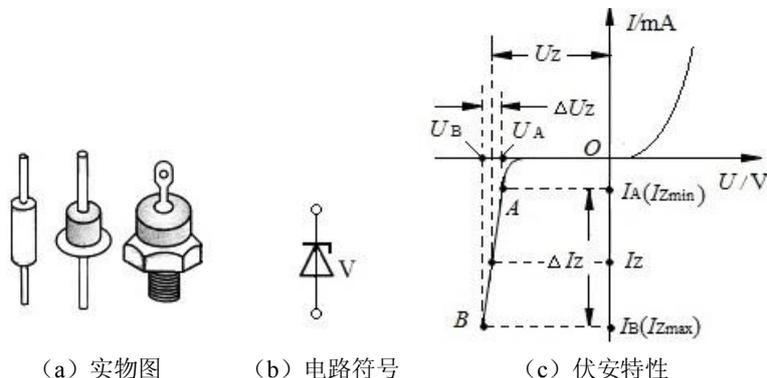


图 1.2.6-1 稳压二极管的实物图、电路符号及伏安特性

不同型号的稳压管其 U_Z 的范围不同，同种型号的稳压管也常因工艺上的差异而有一定的分散性，所以 U_Z 一般给出的是范围值，例如 2CW11 的 U_Z 在 (3.2~4.5)V (测试电流为 10mA)。当然，二极管（包括稳压管）的正向导通特性也有稳压作用，但稳定电压只有 (0.6~0.8)V，且随温度的变化较大，故一般不常用。

(2) 稳定电流 I_Z 。

I_Z 是指稳压管工作于稳压状态时的电流。

稳定电流有最大稳定电流 I_{Zmax} 、最小稳定电流 I_{Zmin} 和工作稳定电流 I_Z 之分。 I_{Zmax} 是稳压管正常工作时允许的最大工作电流，若流过稳压管的电流超过 I_{Zmax} ，则稳压管将发热而损坏； I_{Zmin} 是稳压管工作时的最小电流，若流过稳压管的电流小于 I_{Zmin} ，稳压管没有稳定作用。稳压管的实际工作电流 I_Z 要大于 I_{Zmin} 而小于 I_{Zmax} 才能保证稳压管既能稳压又不至于热击穿而损坏。

(3) 动态电阻 r_Z 。

r_Z 是指稳压管工作在稳压区时端电压的微变量与电流的微变量之比，即 $r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$ ， r_Z 越

小，表明稳压管的稳压性能越好。

常见稳压二极管的参数参见附录三。

3. 稳压管稳压电路

(1) 稳压电路的组成。

硅稳压管稳压电路如图 1.2.6-2 所示。稳压管 V 与负载电阻 R_L 并联，并联后与整流滤波电源连接时要串联一个限流电阻 R 。

由于 V 与 R_L 并联，所以也称并联型稳压电路。

(2) 稳压原理。

1) 输入电压 U_i 保持不变，负载电阻 R_L 变化。

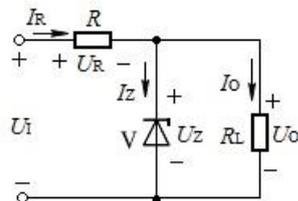
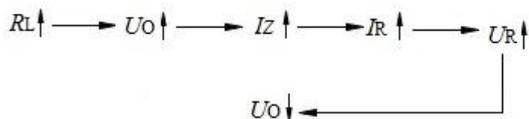


图 1.2.6-2 稳压二极管稳压电路

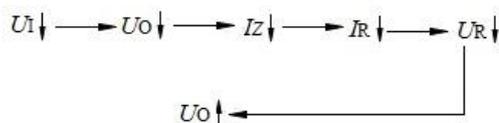
若负载电阻增大, 输出电压 U_O 将升高, 稳压管两端的电压 U_Z 上升, 电流 I_Z 将迅速增大, 流过 R 的电流 $I_R = I_L + I_Z$ 也增大, 导致 R 上的压降 $U_R = I_R R$ 上升, 从而使输出电压 $U_O = U_I - I_R R$ 下降。上述过程简单表述如下:



负载电阻 R_L 减小时, 其工作过程与上述过程相反, U_O 仍然保持不变。

2) 负载电阻 R_L 保持不变, 电网电压下降导致 U_I 变化。

若输入电压 U_I 下降, 输出电压 U_O 也将随之下降, 稳压管的电流 I_Z 急剧减小, 则在电阻 R 上的压降减小, 以此来补偿 U_I 的下降, 使输出电压 U_O 基本保持不变。上述过程简单表述如下:



如果输入电压 U_I 升高, 使 U_O 增大时, 其工作过程与上述相反, 输出电压 U_O 仍保持基本不变。

由以上分析可知, 硅稳压管稳压原理是利用稳压管两端电压 U_Z 的微小变化引起流过稳压管电流 I_Z 的较大变化, 通过限流电阻 R 起电压调整作用, 保证输出电压基本恒定, 从而达到稳压目的。

稳压管稳压电路结构简单、调试方便, 但输出电压受稳压管限制不能任意调整, 稳定性能差, 只能用在要求不高的小电流稳压电路中。

(3) 电路元件参数选择。

稳压管稳压电路的设计首先选定交流输入电压和稳压二极管, 然后确定限流电阻 R 。

1) 输入电压 u_i 的确定。

考虑电网电压的变化, u_i 可按下式选择:

$$u_i = (2 \sim 3)U_O \quad (1.2-9)$$

2) 稳压二极管的选取。

稳压管的参数可按下式选取:

$$\begin{aligned} U_Z &= U_O \\ I_{Z\max} &= (2 \sim 3)I_{O\max} \end{aligned} \quad (1.2-10)$$

3) 限流电阻的确定。

当输入电压 U_I 上升 10% 且负载电流为零 (即 R_L 开路) 时, 流过稳压管的电流不超过稳压管的最大允许电流 $I_{Z\max}$ 。

$$\frac{U_{I\max} - U_O}{R} < I_{Z\max} \quad R > \frac{U_{I\max} - U_O}{I_{Z\max}} = \frac{1.1U_I - U_O}{I_{Z\max}}$$

当输入电压下降 10%且负载电流最大时, 流过稳压管的电流不允许小于稳压管稳定电流的最小值 $I_{Z\min}$, 即:

$$\frac{U_{I\max} - U_O}{R} - I_{O\max} > I_{Z\min} \quad R < \frac{U_{I\min} - U_O}{I_{Z\min} - I_{O\max}} = \frac{0.9U_I - U_O}{I_{Z\min} + I_{O\max}}$$

故限流电阻选择应按下式确定:

$$\frac{U_{I\max} - U_O}{R} - I_{O\max} < R < \frac{U_{I\min} - U_O}{I_{Z\min} - I_{O\max}} \quad (1.2-11)$$

【任务实施】

一、任务分析

1. 简易充电器电路原理图

输出电压 6V 的简易充电器电路原理图如图 1.3.1-1 所示。

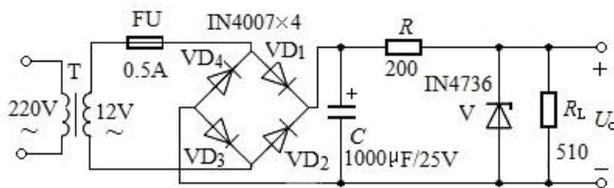


图 1.3.1-1 简易充电器电路原理图

2. 电路分析

(1) 电源输入和保护电路。

图 1.3.1-1 所示的电路中, 用外接电源线将 220V 单相交流电引入变压器的一次绕组, 熔断器 FU 在电路中起短路保护作用。

(2) 变压、整流电路。

图 1.3.1-1 所示的电路中, 变压器 T 用于降压, 将 220V 交流电变为交流 12V。二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 构成整流电路, 将变压器二次 12V 的交流电压变换成全波脉动直流电。

(3) 滤波、稳压电路。

图 1.3.1-1 所示的电路中, 电容 C 为滤波元件, 将脉动直流电变为平滑的直流电。电阻 R 以及稳压管 V 构成稳压电路, 其中电阻 R 起限流、电压调整作用, 稳压管起稳定输出电压的作用。

3. 电路主要技术参数与要求

输入电压: 220V/50Hz±10%

输出电压: 6V

输出电流：10mA

4. 电路元器件的参数及作用

简易充电器电路元器件的参数及作用如表 1-1 所示。

表 1-1 简易充电器电路元器件的参数及作用

序号	元器件代号	名称	型号及参数	作用
1	FU	熔断器	0.5A	短路保护
2	T	变压器	220V/12V	变换电压
3	VD ₁ ~VD ₄	二极管	IN40001	整流
4	C	电容器	CD11-25V-1000μF	滤波
5	R	限流电阻	RJ-0.5W-200Ω	限流、电压调整
6	V	稳压管	IN4736	稳压
7	R _L	负载电阻	RJ-0.5W-510Ω	负载

二、任务实施

1. 电路装配准备

(1) 制作工具与仪器。

焊接工具：电烙铁（20~35W）、烙铁架、焊锡丝、松香。

制作工具：尖嘴钳、平口钳、镊子、剪刀。

测试仪器仪表：万用表、示波器。

(2) 印刷电路板的检查。

稳压电路的印刷电路板如图 1.3.2-1 所示。

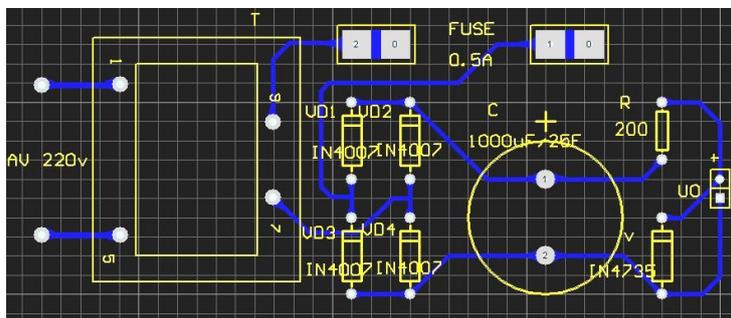


图 1.3.2-1 电路装配印刷电路板图

1) 印制板板面应平整，无严重翘曲，边缘整齐，无明显碎裂、分层及毛刺，表面没有被腐蚀的铜箔，线路面有可焊的保护层。

2) 导线表面光洁，边缘无影响使用的毛刺和凹陷，导线不应断裂，相邻导线不应短路。

3) 焊盘与加工孔中心应重合, 外形尺寸、导线宽度、孔径位置尺寸应符合设计要求。

2. 元器件的检测

(1) 二极管的识别与检测。

1) 识别方法。

从外观上识别二极管的阳、阴极。

二极管有标志圆环的一端为阴极, 如图 1.3.2-2 所示。



图 1.3.2-2 二极管的识别

2) 检测方法。

使用万用表欧姆挡测量二极管正、反向电阻, 可判别二极管的极性和质量的好坏。

具体方法如下: 指针式万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 挡, 两表笔任意连接二极管两引脚, 测量一次电阻值; 然后交换表笔, 再测量一次电阻值, 如图 1.3.2-3 所示。如果两次测量的阻值出现一大一小的显著区别, 则说明二极管质量良好。阻值小的为正向电阻, 此时黑表笔接的电极是二极管的阳极, 阻值大的为反向电阻。

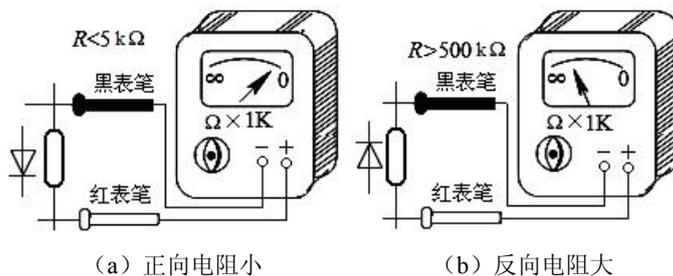


图 1.3.2-3 万用表判断二极管的极性和性能检测

(2) 电容器的识别与检测。

1) 识别方法。

电容器分为有极性电容器和无极性电容器。有极性电容器一般为容量较大的电解电容器, 其负极 (-) 在电容器的外壳上标注。另外电解电容器的极性也可根据引脚线的长短来区别, 引脚线长的为正极, 引脚线短的为负极, 无极性电容器引脚无正负之分, 如图 1.3.2-4 所示。

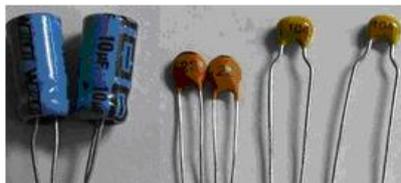


图 1.3.2-4 电容器的识别

电容器容量的标识方法有以下两种:

- 直标法: 将电容器的容量、耐压及误差直接标注在电容上。通常电解电容器就使用直

标法。直标法还有一种是用表示数量的字母 m (10^{-6})、n (10^{-9}) 和 p (10^{-12}) 加上数字组合表示。例如, 4n7 表示 $4.7 \times 10^{-9} \text{F} = 4700 \text{pF}$, 47n 表示 $47 \times 10^{-9} \text{F} = 47000 \text{pF} = 0.047 \text{mF}$, 6p8 表示 6.8pF 。另外, 有时在数字前冠以 R, 如 R33, 表示 0.33mF ; 有时用大于 1 的四位数字表示, 单位为 pF, 如 2200 表示 2200pF ; 有时用小于 1 的数字表示, 单位为 mF, 如 0.22 为 0.22mF 。

- 数码法: 无极性电容器的容量通常用数码法表示, 用 3 位数字来表示容量的大小, 单位为 pF。前两位为有效数字, 第三位表示倍率, 即乘以 10^n , n 的取值范围是 1~9, 但 9 表示 10^{-1} 。例如, 333 表示 $33 \times 10^3 \text{pF}$, 229 表示 $22 \times 10^{-1} = 2.2 \text{pF}$ 。这种表示法最为常见。

2) 检测方法。

用万用表欧姆挡测量电解电容器绝缘电阻的方法可以确定电解电容器的极性。用万用表正、负表笔交换来测量电容器的绝缘电阻, 绝缘电阻大的一次黑表笔接的就是正极, 另一极是负极, 如图 1.3.2-5 所示。

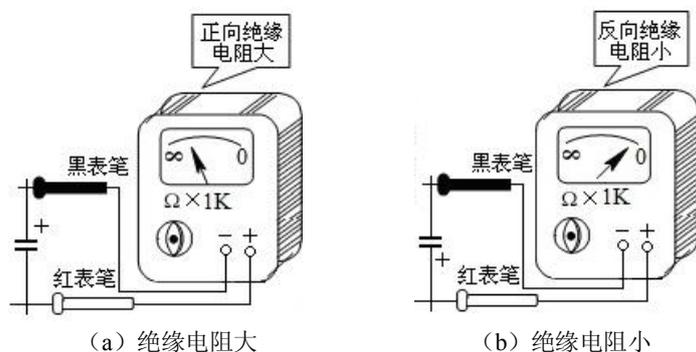


图 1.3.2-5 电容器绝缘电阻测量及极性判断

电容器质量主要是判断电容器是否击穿或断路。用万用表的 $R \times 10\text{K}$ 挡 (电解电容器用 $R \times 1\text{K}$), 黑表笔接正极, 表针先向 R 为零的方向摆去, 然后又向 R 为 ∞ 的方向退回, 表针稳定后的阻值就是电容器的绝缘电阻, 一般为几十兆欧以上 (电解电容器在几兆欧以上), 如图 1.3.2-6 所示。绝缘电阻远小于上述数值, 说明电容器漏电; 若绝缘电阻为零或接近于零, 说明电容器击穿。

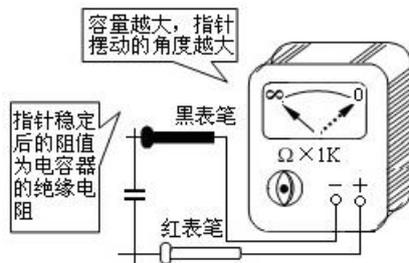


图 1.3.2-6 电容器质量的检测

容量在 $0.047\mu\text{F}$ 以上的电容器，用万用表 $R \times 10\text{K}$ 挡测量时，如果表针不向 R 为零的方向摆动，说明电容器内部断路。

容量在 $5100\text{pF} \sim 0.047\mu\text{F}$ 的电容器，用万用表 $R \times 10\text{K}$ 挡测量时，表针只会稍微向右摆动，随即退回 ∞ 处，说明电容器是好的。

容量在 5100pF 以下的小容量电容器，用 $R \times 10\text{K}$ 挡测量时，由于电容量太小，充电时间极短，表针不会摆动，不能误作内部开路。

(3) 电阻器的标识与检测。

1) 标识方法。

在结构上，电阻器分为固定电阻器、可变电阻器；在组成材料上，电阻器分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和绕线电阻器。常用的金属膜电阻器外形如图 1.3.2-7 所示。



图 1.3.2-7 电阻的识别

电阻器阻值的表示方法有以下两种：

- 直标法：将电阻器的阻值用数字直接标注在电阻体上，如图 1.3.2-8 所示。

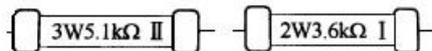


图 1.3.2-8 电阻值的直标法

- 色标法：用不同颜色的色环在电阻表面标出标称阻值和误差。色环电阻有 4 色环（普通电阻）和 5 色环（精密电阻）两种，其表示方法如图 1.3.2-9 所示。

例如，电阻器上的色环依次为绿、黑、橙、无色，则表示 $50 \times 1000 = 50\text{k}\Omega \pm 20\%$ ；又如色环依次为棕、蓝、绿、黑、棕，则表示 $165\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

2) 检测方法。

固定电阻器的检测是通过测量其阻值，看是否与其标称值一致或相近。

用万用表测量固定电阻器时要注意：测量前，应先欧姆调零，且每次换挡位后要重新调零；测量电阻器的阻值时，要选择合适的电阻挡位，使指针指示在刻度盘的中间区域附近；测量时不要将手搭接在电阻器两引脚之间，如图 1.3.2-10 所示。

(4) 熔断器的识别与检测。

熔断器可以用万用表欧姆挡做简单检测，正常时熔断器两端的电阻为 0Ω ，若测得的电阻阻值为无穷大，表明熔断器已经烧断。

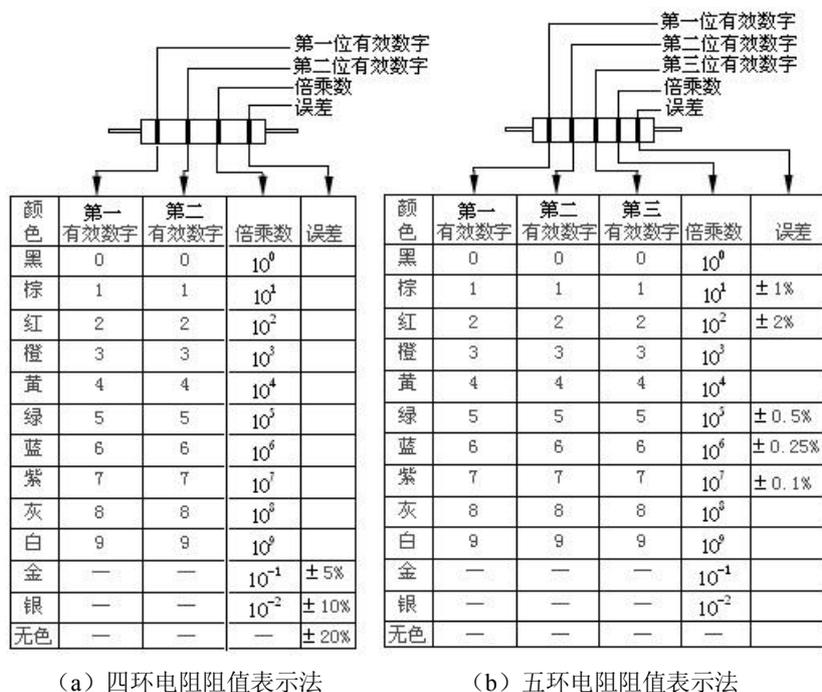


图 1.3.2-9 色环电阻阻值表示法

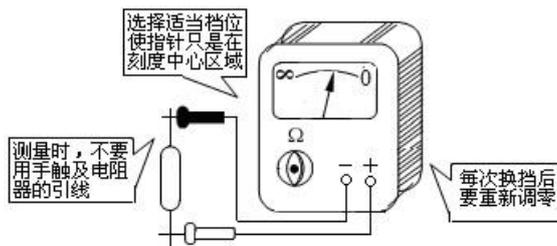


图 1.3.2-10 电阻检测注意事项

(5) 稳压二极管的识别与检测。

1) 识别方法。

稳压管和普通二极管都具有单向导电性质，而且有些二极管和稳压二极管外形相似，所以仅仅靠观察外形有时很难加以区别，只能使用可调直流电源通过测试电路测量反向击穿电压的方法进行识别。对于稳压值小于 9V 的稳压管，可利用万用表的电阻挡来区分是稳压管还是普通二极管。

具体方法是，首先用 $R \times 1k$ 挡测量正、反向电阻，确定被测管的正、负极；然后将万用表拨至 $R \times 10k$ 挡，黑表笔接负极，红表笔接正极，由表内 9~15V 叠层电池提供反向电压，其中电阻读数较小的是稳压管，电阻为无穷大的是二极管。

2) 检测方法。

可使用万用表的欧姆挡测量其正、反向电阻的方法初步判断稳压二极管的好坏。用低阻挡 ($R \times 1K$) 测量, 正向电阻较小, 反向电阻较大, 稳压管基本正常; 否则, 正、反向电阻均较大或均较小, 稳压管损坏。

3. 电路板装配

元件识别与检测完成后, 如果元件都正常, 就可以开始在印刷电路板上安装元件了。

(1) 电路元件装配步骤。

电路板上元器件装配应遵循“先低后高、先内后外、先小后大”的原则。先安装电阻 R 、 R_L 、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 、稳压二极管 V 、熔断器座 FU , 后安装电解电容器 C , 电源变压器 T 不安装在电路板上, 可外接。

(2) 电路装配工艺要求。

- 根据印刷电路板上元器件的尺寸用尖嘴钳将所有元器件进行成形, 正确装入印刷电路板相应位置上, 元器件距电路板的高度为 $0 \sim 1\text{mm}$, 元件的高度平整、一致。
- 焊接元器件时, 不要让电烙铁接触电路板的时间过长, 避免铜箔高温脱落。严禁错焊、漏焊、虚焊。
- 元件焊接好后, 要剪掉元件多余的引脚, 引脚保留长度为 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。

4. 电路测试与调整

(1) 电路测试与调整的步骤。

先测试变压器的二次电压 U_2 , 再测试整流、滤波后的电压 U_3 , 最后测试稳压后的输出电压 U_0 。

(2) 电路测试与调整的方法。

1) 仔细检查元器件及焊点间是否有短路, 确认无误后通入交流 220V 电源。

2) 用万用表交流电压挡 (50V) 测量变压器二次电压 U_2 , 正常为 12V 左右。将测量值填入表 1-2 中。

3) 用万用表直流电压挡 (50V) 测量整流、滤波后的电压 U_3 , 正常值约为 $1.2U_2$ 。将测量值填入表 1-2 中。

4) 用万用表直流电压挡 (50V) 测量输出电压 U_0 , 正常值为 6V 左右。将测量值填入表 1-2 中。

表 1-2 电源电路的关键点测试数据记录表

关键检测点	实测电压值 (检测时填写)
变压器 T 初级线圈两端	220V
变压器 T 次级线圈两端	
滤波电容器 C 两端	
稳压二极管两端	

- 5) 电路关键点数据正常后,用示波器观测 U_2 、 U_3 、 U_O 的波形。
- 6) 总结直流稳压电源的作用。

三、任务评价

本任务的考评点及所占分值、考评方式、考评标准及本任务在课程考核成绩中的比例如表 1-3 所示。

表 1-3 简易充电器电路制作评价表

序号	考评点	分值	考核方式	评价标准			成绩比例 (%)
				优	良	及格	
一	任务分析	20	教师评价 (50%) + 互评 (50%)	通过资讯,能熟练掌握并联型稳压电路的组成、工作原理,掌握电路元器件的功能,能分析、计算电路参数指标	通过资讯,能掌握并联型稳压电路的组成、工作原理,掌握电路元器件的功能,了解电路参数指标	通过资讯,能分析并联型稳压电路的组成、工作原理,了解电路元器件的功能	15
二	任务准备	20	教师评价 (50%) + 互评 (50%)	能正确使用仪器仪表识别、检测整流二极管、电解电容器、电阻器、稳压管等元器件,制定详细的安装制作流程与测试步骤	能正确使用仪器仪表识别、检测整流二极管、电解电容器、电阻器、稳压管等元器件,制定基本的安装制作流程与测试步骤	能正确识别、检测整流二极管、电解电容器、电阻器、稳压管等元器件,制定大致的安装制作流程与测试步骤	
三	任务实施	25	教师评价 (40%) + 互评 (60%)	元器件成形尺寸准确,器件安装布局美观,焊接质量可靠,焊点规范、一致性好,能用万用表、示波器测量、观看关键点的数据和波形,能准确迅速排除电路的故障,电路调试一次成功	元器件成形尺寸准确,器件安装布局美观,焊接质量可靠,焊点规范、一致性好,能用万用表、示波器测量、观看关键点的数据和波形,能准确排除电路的故障,电路调试一次成功	元器件成形尺寸有一定误差,器件安装布局美观,焊接质量可靠,焊点较规范,能用万用表、示波器测量、观看关键点的数据和波形,能排除电路的故障,电路经过调试后能成功	
四	任务总结	15	教师评价 (100%)	有完整、详细的充电器电路的任务分析、实施、总结过程记录,并能提出电路改进的建议	有完整的充电器电路的任务分析、实施、总结过程记录,并能提出电路改进的建议	有完整的充电器电路的任务分析、实施、总结过程记录	
五	职业素养	20	教师评价 (30%) + 自评 (20%) + 互评 (50%)	工作积极主动、认真;遵守工作纪律,服从工作安排;遵守安全操作规程,爱惜器材与测量仪器仪表,节约焊接材料,不乱扔垃圾,工作台和环境卫生清洁	工作积极主动;遵守工作纪律,服从工作安排;遵守安全操作规程,爱惜器材与测量仪器仪表,节约焊接材料,不乱扔垃圾,工作台和环境卫生清洁	遵守工作纪律,服从工作安排;遵守安全操作规程,爱惜器材与测量仪器仪表,节约焊接材料,不乱扔垃圾,工作台卫生清洁	

任务一

四、知识总结

- (1) 直流稳压电源由降压、整流、滤波、稳压电路组成。
- (2) 整流电路是利用二极管的单向导电性把交流电变为脉动直流电。
- (3) 滤波电路是利用电容器“通交流隔直流”的特点把整流后的脉动直流电变为较平稳的直流电。
- (4) 并联型稳压电路是利用稳压二极管的稳压特性把不稳定的直流电变为较稳定的直流电。

【知识拓展】

一、二极管的其他应用

1. 限幅电路

利用二极管导通后压降很小且基本不变的特性可组成限幅（削波）电路，用来限制输出电压的幅度。

图 1.4.1-1 (a) 所示为单向限幅电路，图 (b) 所示为单向限幅电路输出波形。分析限幅电路时，仍然把二极管看成理想元件。

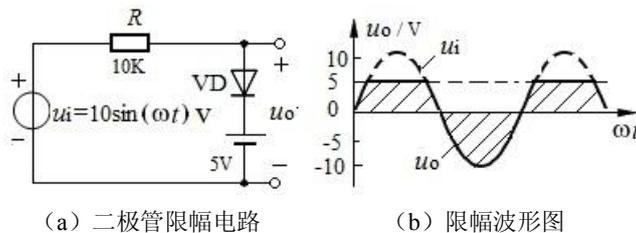


图 1.4.1-1 二极管限幅电路及波形图

u_i 正半周时，正弦电压的瞬时值小于 5V，二极管 VD 截止，输出电压 $u_o = u_i$ ；正弦电压的瞬时值大于 5V 时，二极管 VD 导通，其管压降为零，输出电压为直流电源电压 $u_o = 5V$ 。

在 u_i 的负半周，正弦电压为负值，二极管 VD 截止，输出电压 $u_o = u_i$ 。

2. 钳位电路

钳位电路的作用是将输出电压钳制在一定数值上。

二极管钳位电路如图 1.4.1-2 所示。二极管 VD_1 、 VD_2 的阳极 a_1 、 a_2 电位相同，当二极管 VD_1 输入端电位为 1V，二极管 VD_2 输入端电位为 0V 时，由于二极管 VD_1 两端的电压差大， VD_1 优先导通。二极管 VD_1 导通后，忽略二极管的管压降，则 a_1 、 a_2 的电位与 b_1 点电位相同 (1V)，此时二极管 VD_2 因承受反向电压而截止，输出端被钳位在 1V。

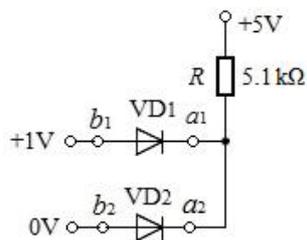


图 1.4.1-2 二极管钳位电路

二、其他二极管及其应用

1. 发光二极管

发光二极管 (LED) 是一种把电能变成光能的特殊二极管, 其符号和外形如图 1.4.2-1 所示。

发光二极管由磷化镓、砷化镓等化合物半导体材料制成, 当外加正向电压使正向电流足够大时, 发光二极管就会发光, 其发光颜色决定于所用的材料, 目前有红、绿、黄、橙等颜色。

发光二极管的导通电压比普通二极管大, 一般为 1.7~2.4V, 工作电流为 5~20mA。应用时加正向电压并应接入相应的限流电阻。

发光二极管的驱动电路如图 1.4.2-2 所示, 图中电阻 R 为限流电阻。

$$R = \frac{U - U_D}{I_D}$$

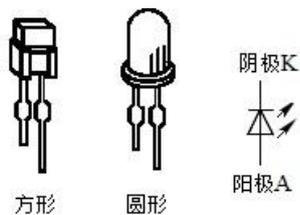


图 1.4.2-1 发光二极管外形及符号

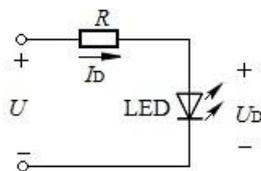


图 1.4.2-2 发光二极管驱动电路

发光二极管具有体积小、工作电压低、工作电流小、发光均匀稳定且亮度较高、响应速度快及使用寿命长等优点, 广泛应用于各种显示和光电转换电路中。

使用时应特别注意不要超过最大功率、最大正向电流和反向击穿电压等极限参数。

2. 光电二极管

(1) 光电二极管的结构和符号。

光电二极管又叫光敏二极管, 是一种将光信号转换为电信号的特殊二极管, 外形和电路符号如图 1.4.2-3 所示。

与普通二极管一样, 光电二极管也是由一个 PN 结构成, 但是它的 PN 面积较大, 其管壳

上开有一个嵌着玻璃的窗口来接收入射光。

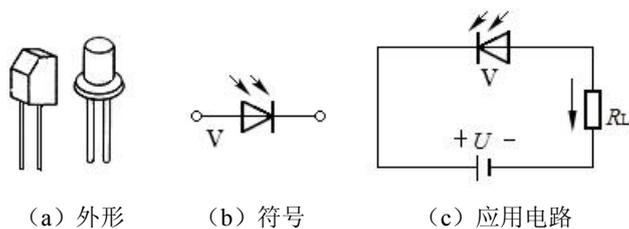


图 1.4.2-3 光电二极管外形、符号及应用电路

(2) 光电二极管的工作原理。

光电二极管工作时需要加反向偏置。在无光照射时和普通二极管一样，反向电流很小（一般小于 $0.1\mu\text{A}$ ），该电流称为暗电流，反向电阻高达几十兆欧。当有光照时，产生电子—空穴对（称为光生载流子），在反向电压的作用下形成比无光照时大得多的反向电流，称为光电流。此时光电二极管的电阻只有几千欧至几十千欧，光电流的大小与光照强度成正比。如果外电路接上负载，便可获得随光照强弱而变化的电信号，如图 1.4.2-3 (c) 所示。

(3) 光电二极管的主要参数。

- 最高工作电压 U_{RM} ：光电二极管在无光照的条件下，反向电流不超过 100mA 时所能承受的最高反向电压。
- 暗电流 I_D ：光电二极管在无光照的条件下，在最高反向电压作用下的反向电流。
- 光电流 I_L ：光电二极管在有光照时所产生的光电流。

光电二极管可用于光测量、光电自动控制、光纤通信等方面。大面积 PN 结的光电二极管可作为微型光电池。

三、三端集成稳压器

三端稳压器属于集成稳压器。三端稳压器只有三个引脚：输入端、输出端和公共端，使用十分方便可靠，因此最为常用。常见的三端稳压器的外形及引脚排列如图 1.4.3-1 所示。

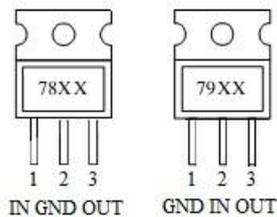


图 1.4.3-1 固定三端稳压器

1. 三端固定输出式集成稳压器系列

固定输出式三端稳压器输出电压有正、负之分。通用产品有 CW78XX 系列（输出正电压）

和 CW79XX 系列（输出负电压）。

根据国家标准 GB3430—82，其型号的意义如下：



CW78XX 系列和 CW79XX 系列输出电压均有 5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V 共 7 个档次。CW78XX 系列和 CW79XX 系列管脚功能有较大差异，这一点需要注意。

CW78XX 系列的 1 脚为输入端，2 脚为公共端，3 脚为输出端；CW79XX 系列的 1 脚为公共端，2 脚为输入端，3 脚为输出端。

2. 三端固定输出稳压器的应用电路

(1) 基本应用电路。

图 1.4.3-2 所示的电路是 CW78XX 系列组成的输出固定正电压的稳压电路。输入电压接 1、2 端，由 3、2 端输出稳定的直流电压。

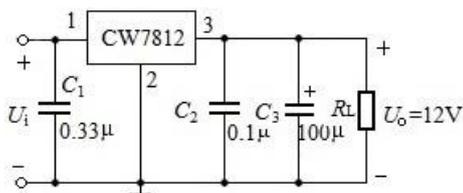


图 1.4.3-2 CW7800 基本应用电路

为使电路正常工作，要求输入电压 U_I 比输出电压 U_O 至少大 2.5~3V。电容 C_1 用作抵消长接线时的电感效应，防止自激振荡，减少输入电压 U_I 中的交流分量还有抑制输入过电压的作用，一般取 $0.1 \sim 1 \mu\text{F}$ ； C_2 具有消除高频噪声及振荡的作用，并能改善负载的暂态响应； C_3 为较大容量的电解电容，用来滤除低频干扰和改善负载特性。

此电路十分简单，根据需要可选择不同型号的集成稳压器，如需要 12V 直流电压时可用 CW7812 型号的稳压器。

(2) 提高输出电压的稳压电路。

当实际需要电压超过集成稳压器规定值时，可外接适当元件来提高输出电压。如 CW78XX 系列，最大输出电压为 24V，当负载所需电压高于此值时，可采用图 1.4.3-3 所示的电路。

图 1.4.3-3 (a) 所示的电路， R_1 两端电压为集成稳压器额定电压 U_{XX} ， I_Q 为 CW78XX 系列稳压器的静态电流，最大可达 8mA。由图可得整个稳压器的输出电压 U_O 为：

$$U_O = U_{XX} + (I_{R1} + I_Q)R_2 = U_{XX} + \left(\frac{U_{XX}}{R_1} + I_Q \right) R_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{XX} + I_Q R_2 \quad (1.4-1)$$

当 $I_{R1} \gg I_Q$ 时（一般取 $I_{R1} \geq 5I_Q$ ）即可忽略 $I_Q R_2$ 的影响，则：

$$U_O \approx \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{XX} \quad (1.4-2)$$

可见，只要选择合适的 R_2 / R_1 ，即可将输出电压提高到所需的数值。该电路的缺点是当输

入电压发生变化时, I_Q 也要变化, 将影响稳压器的精度。

图 1.4.3-3 (b) 所示的电路, 靠接入稳压管来提高输出电压。

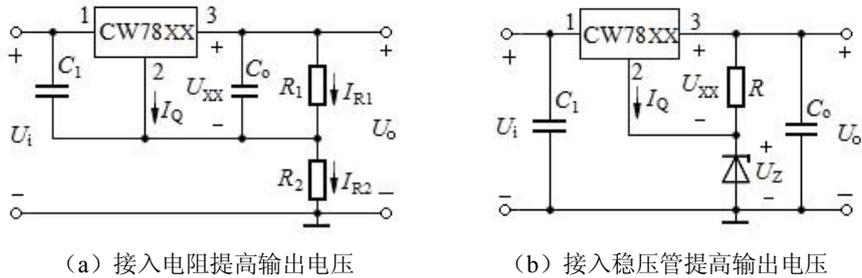


图 1.4.3-3 提高输出电压的稳压电路

图中的 U_{XX} 为 CW78XX 系列的输出电压值, 显然有:

$$U_o = U_{XX} + U_Z \quad (1.4-3)$$

从而使 U_o 比 U_{XX} 提高了固定电压 U_Z 。

(3) 具有正、负输出电压的稳压电路。

在电子电路中, 常常需要同时输出正、负电压的双向直流稳压电源。图 1.4.3-4 所示的电路是由 CW78XX 和 CW79XX 系列集成稳压器以及共用的整流滤波电路组成的具有共同的公共端, 可同时输出正、负两种电压的稳压电路。

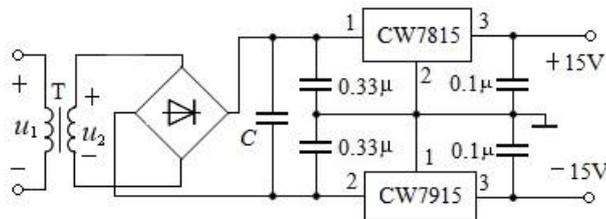


图 1.4.3-4 输出正、负电压的稳压电路

【任务训练】

一、填空题

1. P 型半导体主要靠_____导电, N 型半导体主要靠_____导电。
2. PN 结和二极管具有_____导电性, 即外加_____电压导通, 外加_____电压截止。
3. 常温下, 硅二极管的死去电压约为_____V, 二极管导通后的管压降约为_____V。

4. 整流电路是利用二极管的_____性把交流电变为_____。
5. 桥式整流电路接入滤波电容 C 后, 输出的直流电压比未接滤波电容 C 时要_____, 二极管的导通角_____。
6. 三端集成稳压器按输出电压极性分, 有_____, _____三端集成稳压器两种类型, CW7805 属于_____式三端集成稳压器, CW7912 属于_____式三端集成稳压器。

二、选择题

1. 本征半导体中的自由电子浓度 () 空穴浓度。
A. 大于 B. 小于 C. 等于
2. 在掺杂半导体中, 多子的浓度主要取决于 ()。
A. 温度 B. 材料 C. 掺杂工艺 D. 掺杂浓度
3. 在掺杂半导体中, 少子的浓度受 () 的影响很大。
A. 温度 B. 掺杂工艺 C. 掺杂浓度
4. 在掺杂半导体中, 多子的浓度越高, 少子的浓度越 ()。
A. 高 B. 低 C. 不变
5. PN 结加正向电压时, 空间电荷区将 ()。
A. 变窄 B. 基本不变 C. 变宽
6. 二极管的正向电压降一般具有 () 温度系数。
A. 正 B. 负 C. 零
7. 稳压管通常工作于 () 来稳定直流输出电压。
A. 截止区 B. 正向导通区 C. 反向击穿区
8. 整流电路加电容滤波后, 输出的直流电压会 ()。
A. 升高 B. 降低 C. 不变
9. 用万用表的电阻挡测量二极管的正反向电阻, 若正反向电阻均很小, 说明二极管 ()。
A. 短路 B. 开路 C. 正常
10. 由稳压二极管组成稳压电路时, 应 () 一个阻值适当的限流电阻。
A. 串联 B. 并联 C. 混联
11. 要获得+9V 的稳定电压, 集成稳压器的型号应选用 ()。
A. CW7812 B. CW7909 C. CW7912 D. CW7809

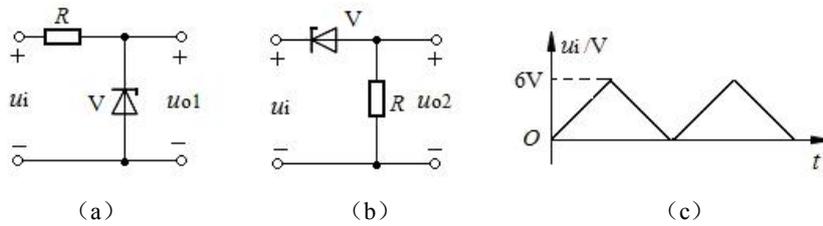
三、判断题

1. 因为 N 型半导体的多子是自由电子, 所以它带负电。 ()
2. PN 结在无光照、无外加电压时, 结电流为零。 ()
3. 二极管两端只要加正向电压, 二极管就会导通。 ()
4. 光电二极管与普通二极管一样, 只有外加正向电压才会导通。 ()

5. 用万用表的欧姆挡测量电解电容器的绝缘电阻可初步判断电容器的好坏。 ()

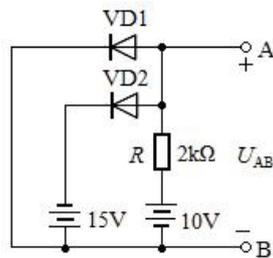
四、电路分析和计算

1. 电路如练习题 1 图所示, 稳压管的稳定电压 $U_Z = 3V$, R 的取值合适, u_i 的波形如图 (c) 所示。试分别画出 u_{o1} 和 u_{o2} 的波形。



练习题 1 图

2. 电路如练习题 2 图所示。假设电路中的二极管为理想二极管, 试判断电路中的二极管是导通还是截止, 并求出 A、B 两点之间的电压 U_{AB} 值。



练习题 2 图

3. 已知桥式整流电容滤波电路的交流电源电压 $u_1 = 220V$, 负载电阻 $R_L = 40\Omega$, 若要求输出直流电压为 $24V$, 试求:

- (1) 流过每个二极管的电流。
- (2) 电源变压器副边绕组的电压和电流。

