

电子技术学习指导

郭淑珍 编

中央广播电视大学出版社

电子技术学习指导

郭淑珍 编

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术学习指导/郭淑珍著. -北京. 中央广播电视大学出版社, 1998. 12

ISBN 7-304-01405-9

I. 电… II. 郭… III. 电子技术-电视大学-教材 IV. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 40735 号

版权所有, 翻印必究。

电子技术学习指导

郭淑珍 编

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京密云胶印厂

开本/787×1092 1/16 印张 10.5 字数/261 千字

版本/1998 年 11 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数/0001—4000

社址/北京市复兴门内大街 160 号 邮编/100031

电话/66419791 68519502 (本书如有缺页或倒装,本社负责退换)

书号: ISBN 7-304-01405-9/TN·25

定价: 12.50 元

目 录

第一章 半导体二极管及其应用电路	(1)
一、教学安排.....	(1)
二、教学要求.....	(1)
三、主要内容.....	(2)
四、部分习题参考答案.....	(8)
第二章 放大电路基础	(10)
一、教学安排	(10)
二、教学要求	(11)
三、主要内容	(11)
四、重点章解题指导	(24)
(一) 典型例题分析.....	(24)
(二) 疑难问题解答.....	(27)
五、部分习题参考答案	(30)
第三章 集成运算放大电路	(32)
一、教学安排	(32)
二、教学要求	(32)
三、主要内容	(33)
四、部分习题参考答案	(40)
第四章 放大电路中的反馈	(41)
一、教学安排	(41)
二、教学要求	(42)
三、主要内容	(42)
四、重点章解题指导	(49)
(一) 典型例题分析.....	(49)
(二) 疑难问题解答.....	(52)
五、部分习题参考答案	(53)
第五章 集成运算放大电路的应用	(54)
一、教学安排	(54)
二、教学要求	(55)
三、主要内容	(56)
四、重点章解题指导	(71)
(一) 典型例题分析.....	(71)
(二) 疑难问题解答.....	(75)
五、部分习题参考答案	(77)

第六章 逻辑代数基础	(81)
一、教学安排	(81)
二、教学要求	(81)
三、主要内容	(82)
四、部分习题参考答案	(90)
第七章 门电路	(92)
一、教学安排	(92)
二、教学要求	(93)
三、主要内容	(93)
四、重点章典型例题分析	(100)
五、部分习题参考答案	(103)
第八章 组合逻辑电路	(104)
一、教学安排	(104)
二、教学要求	(105)
三、主要内容	(105)
四、重点章典型例题分析	(113)
五、部分习题参考答案	(118)
第九章 触发器	(120)
一、教学安排	(120)
二、教学要求	(120)
三、主要内容	(121)
四、部分习题参考答案	(130)
第十章 时序逻辑电路	(133)
一、教学安排	(133)
二、教学要求	(134)
三、主要内容	(134)
四、重点章典型例题分析	(143)
五、部分习题参考答案	(147)
第十一章 脉冲的产生与整形电路	(150)
一、教学安排	(150)
二、教学要求	(150)
三、主要内容	(150)
四、部分习题参考答案	(156)
第十二章 数-模转换电路及模-数转换电路	(158)
一、教学安排	(158)
二、教学要求	(158)
三、主要内容	(158)
四、部分习题参考答案	(163)

第一章 半导体二极管及其应用电路

一、教学安排

本章安排 4 学时，其中录像 3 学时，面授 1 学时，具体安排如下：

(一) 录像内容

第一讲 半导体基础知识

1. 半导体
2. 本征半导体
3. 掺杂半导体
4. PN 结的形成和单向导电性

第二讲 半导体二极管和单相整流电路

1. 半导体二极管
2. 单相半波整流电路
3. 单相桥式整流电路
4. 习题 1.1~1.4

第三讲 电容滤波电路及稳压管稳压电路

1. 电容滤波电路
2. 硅稳压管
3. 稳压管稳压电路
4. 习题 1.9~1.11

(二) 面授内容

常用小功率整流滤波电路的比较，本章主要例题。

二、教学要求

1. 了解半导体的导电特性。
2. 熟悉半导体二极管的单向导电性及主要参数。
3. 熟悉单相半波整流电路、单相桥式整流电路、电容滤波电路的工作原理，输出电压与输入电压的关系式。
4. 了解各种整流电路，电容、电感滤波电路的性能特点，适用范围。
5. 熟悉稳压管的稳压特性和所处的工作状态。
6. 熟悉稳压管稳压电路的工作原理，了解限流电阻的选取方法。

三、主要内容

(一) 半导体基础知识

1. 半导体

半导体是导电性能介于导体和绝缘体之间的一些物质。半导体材料，因导电性能的可控性及其对温度的敏感性而得到广泛的应用。

2. 本征半导体

纯净的晶体结构，在热激发下，自由电子和空穴成对出现，所以半导体中有两种载流子参与导电，其特点是导电率较低。

3. 掺杂半导体

(1) N 型半导体

硅或锗中掺入五价元素 $\left\{ \begin{array}{l} \text{多子——电子（主要由掺杂形成）} \\ \text{少子——空穴（本征激发形成）} \end{array} \right.$

(2) P 型半导体

硅或锗中掺入三价元素 $\left\{ \begin{array}{l} \text{多子——空穴（主要由掺杂形成）} \\ \text{少子——电子（本征激发形成）} \end{array} \right.$

(3) 微量掺杂就可以形成大量的多子，所以可通过掺杂多少控制杂质半导体的导电率。

4. 半导体中的电流

(1) 扩散电流：半导体中由于载流子浓度差产生扩散运动而形成的电流。

(2) 漂移电流：在电场作用下，半导体中的自由电子逆着电场方向作定向漂移运动，而空穴顺着电场方向作定向漂移运动而形成的电流。

(二) 半导体二极管

1. PN 结的形成和单向导电性

(1) PN 结的形成

在同一块半导体中，通过扩散的方法将 N 型和 P 型半导体制在一起，在它们的交界面上会形成 PN 结。

P 区和 N 区载流子的浓度差 $\rightarrow$ 引起多子向对方扩散 $\rightarrow$ 形成空间电荷区和内电场 $\rightarrow$ 阻止扩散、产生漂移 $\rightarrow$ 扩散和漂移达到动态平衡 $\rightarrow$ 交界面形成空间电荷区，即 PN 结。

(2) PN 结的单向导电性

外加正向电压 (P+、N-) $\rightarrow$ 空间电荷区变窄 $\rightarrow$ 扩散大于漂移 $\rightarrow$ 形成正向电流，外加正向电压对正向电流有很大影响。

外加反向电压 (P-、N+) $\rightarrow$ 空间电荷区变宽 $\rightarrow$ 漂移大于扩散 $\rightarrow$ 形成反向电流，其值很小，可忽略。

(3) PN 结的电容效应

① 势垒电容 C_b ：PN 结中储存的空间电荷随外加电压而变化的现象， C_b 是非线性的。

② 扩散电容 C_d ：二极管正向导电时，多子扩散到对方区域后，形成一定的浓度分布，积累的电荷量随外加电压变化，引起电容效应， C_d 也是非线性的。

2. 二极管结构

由PN结加上引线 and 管壳组成，有点接触型和面接触型两种。

3. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性直观地表现了单向导电性能，如图 1.1 所示。

(1) 二极管的伏安特性是非线性的，其正、反向导电性能有很大差别。而且在不同的电压下，管子的等效电阻不同，二极管是非线性元件。

(2) 特性的正向部分：起始部分的电流几乎为零，当二极管所加正向电压大于死区电压时才导通，电流与端电压成指数关系。

(3) 特性的反向部分：二极管的反向饱和电流很小，但由于它是由热激发形成的，所以随温度升高迅速增大，可能造成工作的不稳定，因而对工作结温度要有一定的限制。

(4) 反向电压过大时会产生反向击穿，往往会造成二极管的损坏。

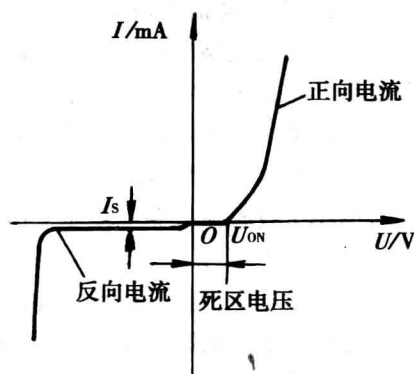


图 1.1

例 1-1 判断图 1.2 所示电路中的二极管工作在导通状态，还是截止状态。

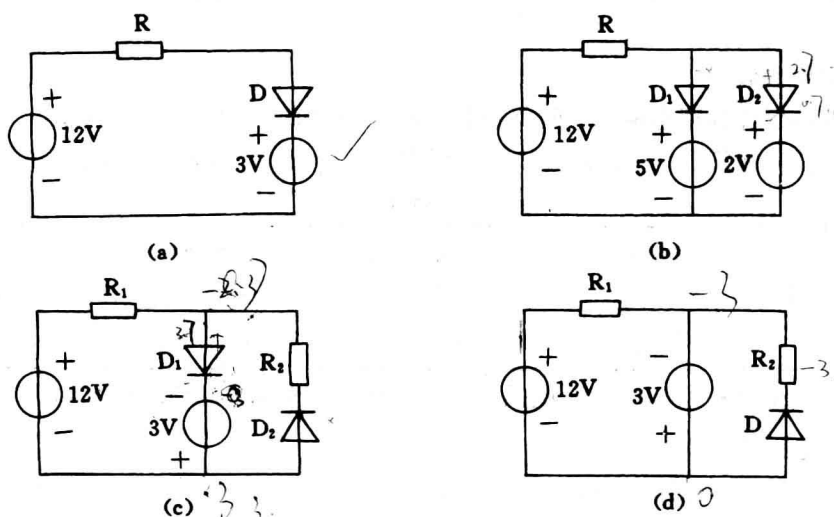


图 1.2

解 本例练习二极管单向导电的重要概念。在解题时，首先要确定二极管两端的电位或电位差，从而确定在二极管两端加的是正向电压还是反向电压。如加的是正向电压，则二极管导通，否则二极管截止。

(a) 二极管 D 阳极所加电压高于阴极所加电压，处于正向偏置，所以二极管 D 工作在导通状态。

(b) 二极管 D_2 因受正向电压而导通，设其导通时管压降为 0.7 V ，则二极管 D_2 的阳极对地的电压为 2.7 V ，此电压低于 D_1 的阴极电压 5 V ， D_1 处于反向偏置，所以 D_1 工作在截止状态。

(c) 考虑 12V 电源和 D_1 支路, D_1 正偏, 则 D_1 工作在导通状态; D_1 阳极对地电压为 $U_{D1} - 3\text{ V} = -2.3\text{ V}$, 此电压加于 R_2 、 D_2 支路, D_2 正偏, 所以 D_2 工作在导通状态。

(d) -3 V 电源、 D 、 R_2 支路, D 阳极接正, 所以二极管 D 工作在导通状态。

(三) 单相整流滤波电路

整流滤波电路的分析方法: 先决定导电回路, 根据导电情况画出各处电压电流波形, 再从波形确定有关数量关系。

1. 单相半波整流电路

单相半波整流电路如图 1.3 所示。

(1) 工作原理

①找出导电回路: 利用二极管的单向导电作用, 根据电源电压的瞬时极性, 找出导电回路。

当 $\omega t = 0 \sim \pi$, u_2 正半周 ($A+$ 、 $B-$), D 受正向电压控制而导通。

当 $\omega t = \pi \sim 2\pi$, u_2 负半周 ($A-$ 、 $B+$), D 受反向电压控制, D 截止。

②波形分析: 画出电源电压 u_2 、负载电压 u_L 、二极管两端的电压 u_D 和通过它的电流 i_D 的波形。

(2) 主要参数

①由波形图计算理想情况下的负载电压 u_L (平均值)、电流 i_L (平均值), 通过管子的电流 i_D (平均值) 和管子承受的最大反向电压 U_R (最大值), 如表 1-1 所示。

表 1-1

变压器副边电压有效值	输出电压平均值 $u_{L(AV)}$	负载电流平均值 $i_{L(AV)}$	二极管平均电流 $i_{D(AV)}$	二极管最大反向电压 U_{Rmax}
U_2	$0.45 U_2$	$0.45 U_2 / R_L$	$0.45 U_2 / R_L$	$\sqrt{2} U_2$

考虑到电网电压的波动范围为 $\pm 10\%$, 在选择二极管时, 其平均电流为 $1.1 \times 0.45 U_2 / R_L$, 其最大反向电压为 $1.1 \times \sqrt{2} U_2$ 。

②注意点: 对于电路中不同的电压、电流, 按照它们的特征, 分别采用有效值、最大值和平均值表示, 例如: 交流输入电压用有效值表示, 脉动直流输出电压和输出电流、通过二极管的正向电流用平均值表示, 二极管反向电压用最大值表示。在学习中, 要注意搞清这些电量之间的区别和相互联系。

2. 单相桥式整流电路

桥式整流电路如图 1.4 所示。

(1) 工作原理

①找出导电回路

当 $\omega t = 0 \sim \pi$, u_2 正半周 ($A+$ 、 $B-$), D_1 、 D_3 受正向电压控制而导通时, D_2 、 D_4 受反向电压控制而截止。

当 $\omega t = \pi \sim 2\pi$, u_2 负半周 ($A-$ 、 $B+$), D_1 、 D_3 截止时, D_2 、 D_4 导通。

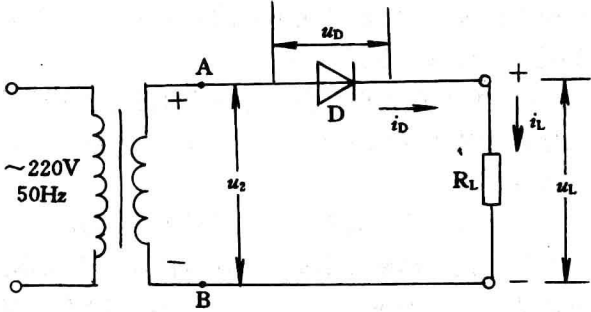


图 1.3

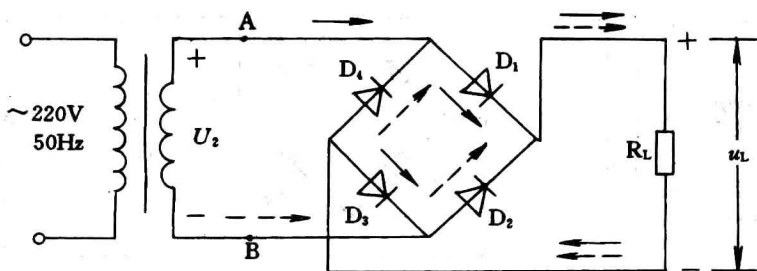


图 1.4

②画出电源电压 u_2 、负载电压 u_L 、电流 i_L 、整流元件两端的电压 u_D 和通过它的电流 i_D 的波形。

③基本数量关系

由波形计算各基本量之间的关系如表 1-2 所示。

表 1-2

变压器副边电压有效值	输出电压平均值 $u_{L(AV)}$	输出电流平均值 $i_{L(AV)}$	二极管平均电流 $i_{D(AV)}$	二极管最大反向电压 U_{Rmax}
U_2	$0.9 U_2$	$0.9 U_2 / R_L$	$0.45 U_2 / R_L$	$\sqrt{2} U_2$

考虑到电网电压的波动范围为 $\pm 10\%$ ，在选择二极管时，其平均电流为 $1.1 \times 0.45 U_2 / R_L$ ，最大反向电压为 $1.1 \times \sqrt{2} U_2$ 。

3. 电容滤波电路

滤波电路的作用是利用储能元件（与负载并联的电容 C 或与负载串联的电感 L ）滤去整流后单向脉动电压中的交流分量，使负载获得平滑的直流电压。

(1)分析电容滤波电路的工作原理时，要注意电容 C 两端电压 u_C 对整流元件导电的影响，主要根据整流元件的单向导电性来分析。

(1) 电容滤波电路的特点

①滤波效果的好坏取决于放电回路的时间常数 $R_L C$ ，其值越大，放电越慢，电压波形越平滑。一般在 $R_L C = (3 \frac{T}{2} \sim 5 \frac{T}{2})$ 时，桥式整流电容滤波电路输出电压平均值用下式估算。

$$u_{L(AV)} \approx 1.2 U_2$$

②二极管导通角 $\theta < \pi$ ，二极管承受的冲击电流很大，选择管子时，应注意对最大整流平均电流 I_F 留有足够的余量。

③电容滤波电路适用于负载电流较小且变化也较小的场合，如负载电流很大，应考虑采用电感滤波。

例 1-2 在图 1.5 所示电路中，已知变压器副边电压有效值为 30V，若测得输出电压平均值 $u_{L(AV)}$ 分别为以下 1~5 五种数值，请找出它们与 a~e 五种工作情况的对应关系。

- | | |
|---------------------------------------|---------|
| 1. $u_{L(AV)} \approx 42.4 \text{ V}$ | a. 工作正常 |
| 2. $u_{L(AV)} \approx 36 \text{ V}$ | b. 电容断路 |
| 3. $u_{L(AV)} \approx 27 \text{ V}$ | c. 负载开路 |

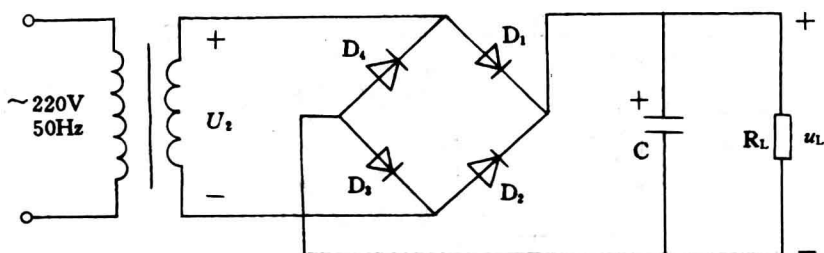


图 1.5

4. $u_{L(AV)} \approx 25 \text{ V}$

d. 一只二极管和电容同时开路

5. $u_{L(AV)} \approx 13.5 \text{ V}$

e. 一只二极管开路

解 本题综合练习单相半波整流、单相桥式整流、电容滤波电路的工作原理，输出电压与输入电压之间的数量关系。

a. 工作正常：桥式整流电容滤波电路输出电压平均值 $u_{L(AV)} = 1.2 U_2 = 1.2 \times 30 = 36 \text{ V}$ ，对应第2种数值，即 a——2。

b. 电容断开：电路变成为桥式整流电路

$$u_{L(AV)} = 0.9 U_2 = 0.9 \times 30 = 27 \text{ V}$$

对应第3种数值，即 b——3。

c. 负载开路：输出电压平均值等于变压器副边电压的峰值

$$u_{L(AV)} = \sqrt{2} U_2 = 1.414 \times 30 \text{ V} = 42.4 \text{ V}$$

c——1

d. 一只二极管和电容同时开路：电路变成为单相半波整流电路

$$u_{L(AV)} = 0.45 U_2 = 0.45 \times 30 \text{ V} = 13.5 \text{ V}$$

d——5

e. 一只二极管开路：电路变成为单相半波整流电容滤波电路，输出电压平均值应小于桥式整流电容滤波电路输出电压平均值，而大于半波整流电路输出电压平均值。

e——4

(四) 稳压二极管及其稳压电路

1. 稳压二极管

工作于反向可逆击穿状态下的二极管，其特点是：在一定的电流范围内电压稳定不变。

2. 稳压管稳压电路稳压原理

利用稳压管在一定的电流范围内电压稳定不变的特点来稳定输出电压。电路如图1.6。

当负载电压不变而电网电压 U_1 (即输入电压) 变化时，稳压管端电压的微小变化，将引起总电流变化，从而在限流电阻上产生压降，补偿电网电压 U_1 的变化，使输出电压基本不变。

当电网电压不变，负载电流变化时，由稳压管产生

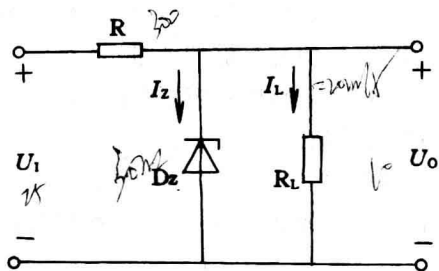


图1.6

电流 ΔI_Z 来补偿负载电流 I_L 的变化，从而使总电流基本不变，R 上电压就基本不变，以保证输出电压基本稳定。

由此可见，限流电阻 R 是必不可少的元件，它既限制稳压管中的电流使其正常工作，又要与稳压管相配合达到稳压的目的。

3. 参数选择

合理选择电路元件的有关参数，如表1-3所示。

表 1-3

已 知 参 数	稳 压 管	输 入 电 压	限 流 电 阻
U_O	$U_Z=U_O$	$U_1=(2-3)U_O$	$R>\frac{U_{I_{max}}-U_Z}{I_{ZM}+I_{L_{min}}}$
$I_{L_{max}}$	$I_{ZM}\geq 2I_{L_{max}}$		$R<\frac{U_{I_{min}}-U_Z}{I_Z+I_{L_{max}}}$
$I_{L_{min}}$	选 r_z 小的		
$\Delta U_1=\pm 10\%$			

例1-3 在图1.7所示电路中，已知稳压管 D_{Z1} 的稳定电压 $U_{Z1}=5.3\text{ V}$ ， D_{Z2} 的稳定电压 $U_{Z2}=11.3\text{ V}$ ，它们正向导通电压 U_D 为 0.7 V ，各电路限流电阻取值合适，试求出 $U_{O1}\sim U_{O4}$ 各为多少伏？

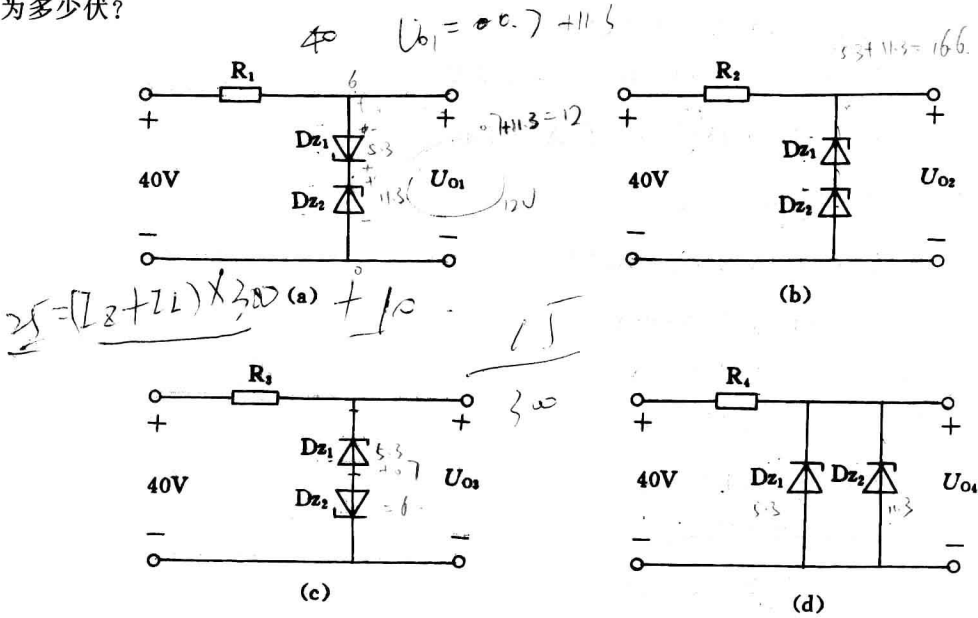


图1.7

解 本题综合练习稳压管在电路中各种不同接法时的工作情况。

(a) 稳压管 D_{Z1} 、 D_{Z2} 反向串联， D_{Z1} 阳极加正电压， D_{Z2} 阳极接负电压，所以 D_{Z1} 正向导通、 D_{Z2} 正常工作。

$$U_{O1}=U_D+U_{Z2}=0.7+11.3=12\text{ V}$$

(b) 稳压管 D_{Z1} 、 D_{Z2} 同向串联，阳极接电源负端，均处于正常工作状态。

$$U_{O2}=U_{Z1}+U_{Z2}=5.3\text{ V}+11.3\text{ V}=16.6\text{ V}$$

(c) D_{Z1} 正常工作， D_{Z2} 正向导通

$$U_{O3}=U_{Z1}+U_D=(5.3+0.7)\text{ V}=6\text{ V}$$

(d) Dz_1 、 Dz_2 同向并联,均处于反向偏置,由于 $U_{z1} < U_{z2}$,则 Dz_1 处于正常工作状态,此时, Dz_2 所加电压为 U_{z1} ,小于工作电压 U_{z2} ,所以, Dz_2 处于反向电压未击穿状态。

$$U_{O4} = U_{z1} = 5.3 \text{ V}$$

例1-4 在图1.6所示电路中,已知输入电压 $U_1 = 25 \text{ V}$, $R = 300 \Omega$,输出电压 $U_O = 10 \text{ V}$,负载电流 $I_L = 20 \text{ mA}$,求解稳压管 Dz 中的电流 I_Z 。

解 练习稳压管稳压电路中元件参数之间的关系。

(1) 限流电阻流过的电流 I_R

$$I_R = \frac{U_1 - U_O}{R} = \frac{25 - 10}{300} \text{ A} = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

(2) 稳压管 Dz 中的电流

$$I_Z = I_R - I_L = 50 - 20 = 30 \text{ mA}$$

四、部分习题参考答案

习题1.1 [见例1-1]

习题1.2 1. $u_{L(AV)} = 0.45 U_2 = 4.5 \text{ V}$

$$2. U_{RM} = \sqrt{2} U_2 (1 + 10\%) = 15.5 \text{ V}$$

$$I_F = 1.1 \times 0.45 \frac{U_2}{R_L} = 0.025 \text{ A} = 25 \text{ mA}$$

习题1.3 1. $U_2 = \frac{u_{L(AV)}}{0.45} = 20 \text{ V}$

$$2. U_{RM} = 1.1 \sqrt{2} U_2 = 31.1 \text{ V}$$

$$I_F = 1.1 \frac{u_{L(AV)}}{R_L} = 99 \text{ mA}$$

习题1.4 1. $u_{L(AV)} = 0.9 U_2 = 27 \text{ V}$

$$2. U_{RM} = 2 \sqrt{2} U_2 = 84.8 \text{ V}$$

$$I_F = \frac{u_{L(AV)}}{2R_L} = 135 \text{ mA}$$

习题1.5 1. $u_{L(AV)} = 0.9 U_2 = 27 \text{ V}$

$$i_{L(AV)} = \frac{u_{L(AV)}}{R_L} = 90 \text{ mA}$$

$$2. I_F = 1.1 \times \frac{1}{2} i_{L(AV)} = 49.5 \text{ mA}$$

$$U_{RM} = 1.1 \sqrt{2} U_2 = 46.5 \text{ V}$$

习题1.6 1. $u_{L(AV)} = 0.9 U_2 = 27 \text{ V}$

$$2. I_F = 1.1 \times \frac{1}{2} \frac{u_{L(AV)}}{R_L}$$

$$R_L = 1.1 \times \frac{1}{2} \frac{u_{L(AV)}}{I_F} = 148.5 \Omega$$

习题1.7 $u_{L(AV)} = 1.2 U_2 = 12 \text{ V}$

习题1.8 [见例1-2]

习题1.9 [见例1-3]

习题1.10 [见例1-4]

$$\text{习题1.11 } R \leq \frac{U_{\text{Imax}} - U_0}{I_{\text{Zmin}} + I_{\text{Lmax}}} = 0.428 \text{ k}\Omega$$

$$R \geq \frac{U_{\text{Imax}} - U_0}{I_{\text{Zmax}} + I_{\text{Lmin}}} = 0.323 \text{ k}\Omega$$

$$323 \Omega \leq R \leq 428 \Omega$$

$$\text{习题1.12 } \frac{1.2U_2 - U_z}{R} - I_z = \frac{U_0}{R_{\text{Lmin}}} = 30 \text{ mA}$$

$$R_{\text{Lmin}} = \frac{U_0}{30} = 0.2 \text{ k}\Omega$$

$$I_R = \frac{1.2U_2 - U_0}{R} = 40 \text{ mA} < I_{\text{ZM}}$$

$$R_{\text{Lmax}} = \infty$$

$$R_L = 0.2 \text{ k}\Omega \sim \infty$$

$$I_R = \frac{U_2 - I_L R_L}{R} = \frac{25 - 10}{300} = 0.05 \text{ A}$$

$$\therefore I_z = I_R - I_L = 0.05 - 0.02 = 0.03 \text{ A}$$

第二章 放大电路基础

一、教学安排

本章安排 10 学时，其中录像 6 学时，面授 4 学时，具体安排如下：

(一) 录像内容

第四讲 半导体三极管

1. 三极管的结构简介
2. 三极管的电流放大作用
3. 三极管的共射特性曲线
4. 三极管的主要参数
5. 习题 2.2 2.3

第五讲 单管共射放大电路

1. 电路组成及各元件作用
2. 设置静态工作点的必要性
3. 工作原理及波形分析
4. 放大电路的性能指标

第六讲 放大电路的分析方法 (一)

1. 直流通路和交流通路
2. 图解法
3. 习题 2.4 2.5

第七讲 放大电路的分析方法 (二)

1. 三极管的微变等效电路
2. 微变等效电路法
3. 习题 2.7~2.10

第八讲 静态工作点稳定电路及基本共集放大电路

1. 典型的静态工作点稳定电路
2. 基本共集放大电路
3. 习题 2.11~2.14

第九讲 放大电路的频率特性

1. 基本共射放大电路的频率特性
2. 多级放大电路的频率特性
3. 习题 2.17~2.20

(二) 面授内容

1. 场效应管

2. 场效应管放大电路
3. 多级放大电路
4. 本章小结、练习题

二、教学要求

1. 熟悉半导体三极管的结构和分类, 实现放大作用的内外条件。
2. 熟悉半导体三极管的共射输入特性、输出特性, 饱和、放大、截止三种工作状态、主要参数。
3. 熟悉放大、静态和动态、直流通路和交流通路、负载线、静态工作点、电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、失真、频率特性等概念。
4. 掌握估算共射基本放大电路和静态工作点稳定电路的静态工作点、电压放大倍数、输入电阻和输出电阻的方法。
5. 熟悉单管共射放大电路参数变化对静态工作点、电压放大倍数、输入电阻和输出电阻的影响。
6. 熟悉判断共射放大电路的失真性质和消除的方法。
7. 熟悉共射基本放大电路、静态工作点稳定电路、单管共集放大电路的主要特点和应用场合。
8. 了解共射基本放大电路的频率特性。
9. 了解场效应管放大电路的特点。

三、主要内容

(一) 半导体三极管

1. 结构简介

三个极: e——发射极、b——基极、c——集电极

三个区: 发射区、基区、集电区

二个结: 发射结和集电结

三个区的作用是: 发射区向基区发射载流子, 基区传输载流子, 集电区收集载流子。

双极型三极管 (BJT) 分为 NPN 和 PNP 两种类型, 由于形成载流子的性质不同, 两者的电压极性和电流方向相反。

2. 三极管的电流放大作用

(1) 条件

内部条件: 发射区——多数载流子浓度很高, 基区——多数载流子浓度很低且很薄, 集电区——面积很大。

外部条件: 发射结正偏 (加正向电压), 集电结反偏 (加反向电压), 以硅 NPN 管为例: $U_{BE} \geq U_{ON}$, $U_{CE} \geq U_{BE}$ 。

(2) 内部载流子的运动和电流放大作用

在上述条件下, 由发射区发射大量电子, 只有极少数与基区空穴复合, 绝大多数电子被

集电区收集。其间的关系是：在基区每复合一个电子，就有 $\bar{\beta}$ 个电子被集电区收集。即 $I_C = \bar{\beta} I_B$ ，控制 I_B 就能控制 I_C ， $\bar{\beta}$ 称作直流放大系数

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$$

电流的变化量之比称作交流放大系数 β

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

3. 三极管的共射特性曲线

(1) 输入特性： $I_B = f(U_{BE}) \mid U_{CE} = \text{常数}$

因为发射结正偏，输入特性类似二极管的正向特性。

① $U_{CE} = 0$ 时，输入特性相当于两个并联二极管的正向特性。

② $U_{CE} > 0$ 时，输入特性右移。对于小功率管 $U_{CE} > 1V$ 后，输入特性基本重合。

(2) 输出特性： $I_C = f(U_{CE}) \mid I_B = \text{常数}$

由于集电结反偏，输出特性类似于二极管的反向特性，且 I_C 又受 I_B 的控制。

① 放大区——特性近似为横轴的平行线， I_C 主要取决于 I_B ，与 U_{CE} 几乎无关。

② 饱和区—— U_{CE} 很小， I_C 主要取决于 U_{CE} ，而与 I_B 关系不大。

③ 截止区—— $I_B = 0$ 的曲线以下的区域， $I_C \leq I_{CEO}$ 。

4. 三极管的主要参数

β ——反映电流放大能力，注意交流 β 和直流 $\bar{\beta}$ 在概念上的区别，对于理想三极管 $\beta = \bar{\beta}$ 。

I_{CBO} 、 I_{CEO} ：影响直流工作状态的稳定性，要求越小越好，注意硅管 I_{CBO} 和锗管的差别。

极限参数

{

I_{CM}

P_{CM}

$BU_{CEO}, BU_{CBO}, BU_{EBO}$

例 2-1 在放大电路中，分别测得六只三极管三个管脚①②③的直流电位如表 2-1 所示，将制作它们的材料 (Si、Ge)、管子的类型 (NPN、PNP) 及管脚①②③分别为哪个极 (e, b, c) 填入表内。

解 根据测得的管子各极电位，判断管子类型和三个极的原则和方法是：(1) 发射结处

表 2-1

管 号		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
项 目							
管 脚 电 位 (V)	①	0	-0.7	0	8	-4.7	-5
	②	0.7	0	-0.3	0	0	-10
	③	5	-5	-5	0.2	-5	-4.8
管子材料		Si	Si	Ge	Ge	Ge	Ge
管子类型		NPN	PNP	PNP	NPN	NPN	PNP
管 脚 电 极	①	e	b	e	c	b	b
	②	b	e	b	e	c	c
	③	c	c	c	b	e	e