

///

面向21世纪课程辅导教材

# 电工学·电子技术

(第五版)

## 全程辅导 下册

### 精教·精学·精练

尹宝岩 主 编

- ▲ 知识点窍
- ▲ 逻辑推理
- ▲ 解题过程新突破

中国建材工业出版社

# 电工学·电子技术

(第五版)

## 全程辅导(下册)

精教·精学·精练

尹宝岩 主编

中国建材工业出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

电工学·电子技术(第五版)全程辅导(下册)/尹宝岩主编. -北京:中国建材工业出版社,2003.8

ISBN 7-80159-495-9

I. 电… II. 尹… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料 ②电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 064348 号

**【内容简介】** 本书是高等学校电工学课程的教学辅导书。全书由重点内容提要、经典例题分析、练习与思考题解答、课后习题全解等部分组成,旨在帮助读者掌握课程内容的重点、难点和疑点,提高分析能力,解题能力。本书可供使用由高等教育出版社出版的《电工学(下册)电子技术》(第五版)的教师和学生参考。

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市海淀区三里河路 11 号

邮 编:100831

经 销:全国各地新华书店

印 刷:保定新世纪印刷厂

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:10.75

字 数:346 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版

印 次:2003 年 8 月第 1 版

印 数:1~10000 册

书 号:ISBN 7-80159-495-9/TM·000

定 价:26.80 元(本册 12.80 元)

---

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换,联系电话:(010)68345931

# 前 言

本书是为了配合秦曾煌先生主编的面向 21 世纪课程教材《电工学(下册)电子技术》(第五版)而编写的。其内容包括:“重点内容提要、经典例题分析、练习与思考题解答、课后习题全解”四个部分。该书从分析习题的电路模型、条件与结论之间的关系入手,建立清晰的电路脉络,理清解题思路,使学生能够掌握分析方法和解题方法,并能在解题过程中灵活运用。

本书的主要特点有:

1. **知识点窍:**运用公式、定理及定义来点明知识点。
2. **逻辑推理:**阐述习题解题过程的精髓。
3. **解题过程:**概念清晰、步骤完整、数据准确、附图齐全。

“知识点窍”和“逻辑推理”是本书的精华所在,把“知识点窍”——“逻辑推理”——“解题过程”串起来,做到融会贯通,巩固所学,达到举一反三的效果。这种方法是由多位著名教授根据对学生答题弱点的分析而研究出来的一种新型拓展思路的解题方法。“知识点窍”提纲挈领地抓住了题目核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图,而“逻辑推理”则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法,掌握答题的思维技巧。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,希望广大读者不吝批评、指正。

编者

2003 年 8 月

## 目 录

第十五章	半导体二极管和三极管 .....	(1)
第十六章	基本放大电路 .....	(27)
第十七章	集成运算放大器 .....	(101)
第十八章	正弦波振荡电路 .....	(148)
第十九章	直流稳压电源 .....	(163)
第二十章	晶闸管及其应用 .....	(193)
第二十一章	门电路和组合逻辑电路 .....	(213)
第二十二章	触发器和时序逻辑电路 .....	(265)
第二十三章	存储器和可编程逻辑器件 .....	(306)
第二十四章	模拟量和数字量的转换 .....	(328)

# 第十五章 半导体二极管和三极管

## 15.1 重点内容提要

本章重点是半导体二极管的单向导电特性,伏安特性以及主要参数;稳压二极管的伏安特性,稳压原理及主要参数;晶体管的放大作用,输入特性曲线和输出特性曲线,主要参数,温度对参数的影响。

### 15.1.1 半导体及其导电特性

#### 1. 半导体

半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质。

#### 2. 本征半导体

本征半导体就是完全纯净的具有晶体结构的半导体。

载流子:电子带负电,空穴带正电,在外电场作用下自由电子移动,相邻的价电子填补空穴而形成空穴移动,它们都能导电。

本征激发产生的自由电子和空穴成对出现,数量取决于环境温度高低。

#### 3. 杂质半导体——P型半导体和N型半导体

(1)P型半导体:在纯净半导体中掺入适量三价元素,形成空穴型(P型)半导体。它的导电能力大大高于本征半导体。其中空穴为多数载流子(简称“多子”),自由电子为少数载流子(简称“少子”)。

(2)N型半导体:在纯净半导体中掺入适量五价元素,形成自由电子型(N型)半导体。其中自由电子为“多子”,空穴为“少子”。

在两种杂质半导体中,整体上电量平衡,对外不显电性(不带静电)。

## 15.1.2 PN 结及其单向导电性

### PN 结

又称耗尽层、阻挡层,将两种杂质半导体结合在一起,由于界面两侧载流子浓度不同而产生载流子扩散运动。P型区空穴向N型区扩散,N型区自由电子向P型区扩散。在边界两侧两种载流子产生复合,形成带正电和负电的离子。在边界两侧形成空间电荷区,称为PN结。

(1) 区内正、负离子带电而不能移动,载流子因复合而数量很少,因此电阻率很高。

(2) 正、负离子形成的内电场阻止多子继续扩散。

(3) 内电场对少子有吸引作用,形成少子的逆向运动,称为漂移。

(4) 在没有外电场作用时,当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,两侧间没有电流,空间电荷区厚度一定。

(5) PN结正向导通,反向截止,即为单向导电性。

## 15.1.3 半导体二极管及其应用

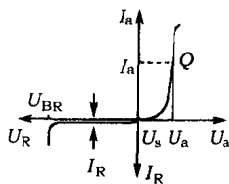
### 1. 基本结构、符号、伏安特性及参数

(1) 结构:将PN结两边各引出一个电极便构成一个二极管。其中P型区引出阳极A(+),N型区引出阴极K(-)。符号:A—|—K

(2) 伏安特性及参数:伏安特性如图解15.1所示。

正向  $I_a = f(U_a)$ :  $U_s$  为死区电压(硅管为0.5V,锗管为0.2V)。  $U_a$  为管压降,随  $I_a$  而变化很小,可近似取  $U_a = 0.7V$ (硅管),0.3V(锗管)。

反向  $I_R = f(U_R)$ :  $I_R$  基本不变,称反向饱和电流。  $U_{BR}$  为反向击穿电压,若外加电压超过  $U_{BR}$ ,则  $I_R$  增大,失去单向导电性,损坏。



图解 15.1

### 2. 半导体二极管的应用

(1) 整流与检波电路;

(2) 限幅电路:有单向限幅和双向限幅两种;

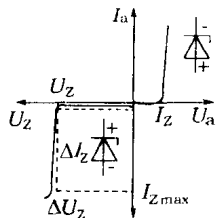
- (3) 钳位电路;
- (4) 续流电路。

### 15.1.4 稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型硅二极管,其伏安特性及符号如图解 15.2 所示。反向工作在击穿状态,管压降  $U_Z$  几乎不随电流  $I_Z$  而变化,故能起到稳压作用。

#### 1. 主要参数

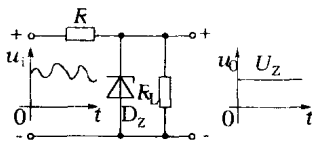
稳定电压  $U_Z$ 、稳定电流  $I_Z$ 、最大稳定电流  $I_{ZM}$  或最大允许功耗  $P_Z (= U_Z \cdot I_{ZM})$ 、动态电阻  $r_Z (= \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$ , 见图解 15.2) 和电压温度系数  $\alpha_u$  等等。



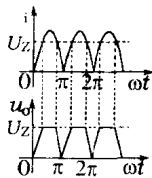
图解 15.2

#### 2. 稳压管的应用

- (1) 实现简单稳压(电路如图解 15.3);
- (2) 削波电路(电路如图解 15.4);



图解 15.3



图解 15.4

### 15.1.5 半导体三极管

半导体三极管也称双极型晶体管,简称晶体管或三极管

#### 1. 结构与基本原理

(1) 晶体管有三个电极和两个 PN 结,分别是发射极( $E$  或  $e$ ),基极( $B$  或  $b$ ),集电极( $C$  或  $c$ )和发射结( $J_e$ )、集电结( $J_c$ )。

发射区掺杂浓度高,基区薄,集电区掺杂浓度低,集电结的面积比发射结大。



## (2) 类型

- a. NPN 型和 PNP 型
- b. 硅(Si) 管或锗(Ge) 管

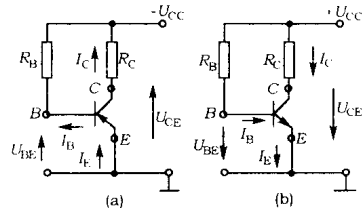
## (3) 基本放大电路:

根据实现电流放大作用的要求, 供电电源接法应保证:

发射结为正向偏置, 集电结为反向偏置。两种结构形式的共射极接法电路如图解 15.5 所示。

## (4) 三极管的构造特点有:

- a. 发射区面积小, 掺杂浓度高, 多数载流子数量多;
- b. 基区极薄, 掺杂浓度很低, 多子数量很少;
- c. 集电区面积大, 掺杂浓度次于发射区而高于基区。



图解 15.5

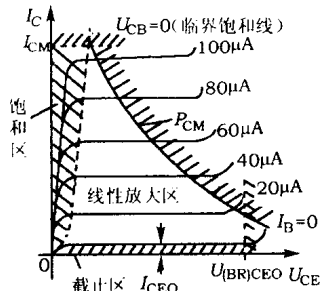
## 2. 特性曲线

三极管的输出特性  $I_C = f(U_{CE}) |_{I_B = \text{常数}}$  是一个曲线簇, 如图解 15.6 所示。

(1) 由  $U_{CE} \geq 1V$  到集电结击穿之前具有恒流特性, 且  $I_C = \beta I_B$ ,  $\beta$  近似为常数, 称为线性放大区。此时发射结为正偏, 集电结为反偏。

(2) 当  $I_B \leq 0$  时,  $I_C \leq I_{CE0}$ , 称为截止区。此时两个 PN 结均为反偏。

(3) 当  $U_{CB} \leq 0$  (或  $U_{CF} \leq U_{BE}$ ) 时,  $I_C \propto U_{CE}$ ,  $I_C$  与  $I_B$  无线性关系, 称为饱和区。此时两个 PN 结均为正偏。



图解 15.6

(4) 三极管用于放大电路时工作在线性放大区, 用于数字 (或开关) 电路时则工作在饱和区 (导通) 和截止区 (断开)。

## 3. 主要参数

(1) 电流放大系数 ( $\beta$  和  $\beta$ ):

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ —— 直流 (静态) 电流放大系数;}$$

$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$  —— 交流(动态) 电流放大系数。

(2) 反向饱和电流  $I_{CBO}$  和穿透电流  $I_{CEO}$ ; 二者间的关系为  $I_{CEO} = (1 + \beta)I_{CBO}$ 。随温度升高而增大, 影响电路工作稳定性。

(3) 集电极最大允许电流  $I_{CM}$ ; 集电极电流超过此值则  $\beta$  下降  $\frac{1}{3}$ 。

(4) 反向击穿电压  $U_{(BR)CEO}, U_{(BR)CBO}, U_{(BR)EBO}$ ; 一般选择三极管:  $U_{CC} \leq \frac{1}{2}U_{(BR)CEO}, U_{(BR)EBO} \leq 4V, U_{CC}$  为电源电压。

(5) 集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}: P_{CM} = I_C U_{CE}$ , 它和  $I_{CM}, U_{(BR)CEO}$  三者决定了三极管的安全工作区。

考点: 半导体导电的本质, PN 结及其单向导电性, 二极管的应用, 稳压管的应用, 三极管管脚的判别, 三个工作区及其判定。

## 15.2 经典例题分析

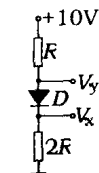
**15.2.1** 电路如图解 15.7 所示, 设  $D$  为硅二极管, 试确定二极管  $D$  是正偏还是反偏, 计算  $V_x$  和  $V_y$  值。

知识点窍: 二极管的性质。

逻辑推理: 二极管上为区间电压, 故为正偏。

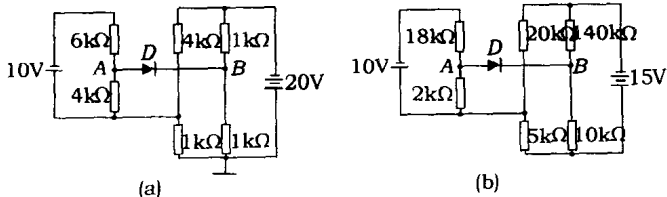
解  $D$  正偏,  $D$  导通压降为  $0.7V, V_x = \frac{10 - 0.7}{R + 2R} \times 2R =$

$6.2V, V_y = 0.7 + V_x = 6.9V$



图解 15.7

**15.2.2** 设图解 15.8 中  $D$  为理想二极管, 试通过计算判断它们是否导通?



图解 15.8

**知识点窍:** 二极管的性质。

**逻辑推理:** 将  $D$  断开, 判断  $U_A$  和  $U_B$  大小, 由此确定  $D$  的偏置, 从而判断出  $D$  是否导通。

$$\text{解 (a)} \quad U_A = \frac{-10}{6+4} \times 4 + \frac{-20}{4+1} \times 1 = -4 - 4 = -8(\text{V}) \quad (\text{KVL 定理})$$

$$U_B = \frac{-20}{1+1} \times 1 = -10(\text{V}) \quad (\text{KVL 定理})$$

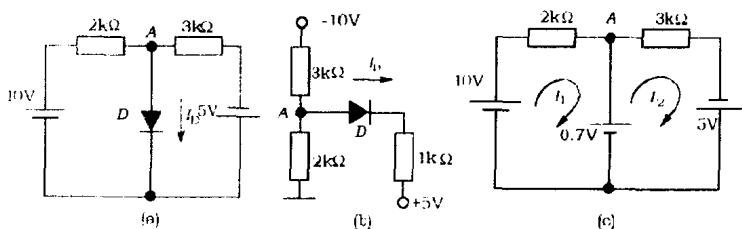
由于  $U_A > U_B$ ,  $D$  正偏而导通。

$$\text{(b)} \quad U_A = \frac{-10}{18+2} \times 2 + \frac{15}{20+5} \times 5 = -1 + 3 = 2(\text{V}) \quad (\text{KVL 定理})$$

$$U_B = \frac{15}{140+10} \times 10 = 1(\text{V}) \quad (\text{KVL 定理})$$

由于  $U_A > U_B$ ,  $D$  反偏而截止。

**15.2.3** 如图解 15.9(a)(b) 所示的电路中, 设二极管导通时的正向压降  $U_D = 0.7\text{V}$ , 计算流过二极管电流  $I_D$ 。



图解 15.9

**知识点窍:** 二极管的性质, 基尔霍夫电压定律, 基尔霍夫电流定律。

**逻辑推理:** 二极管可在正向导通时, 等效为电压源, 截止时断路。

$$\text{解 (a)} \quad \text{将 } D \text{ 开路, } U_A = \frac{10+5}{2+3} \times 3 - 5 = 4\text{V}, D \text{ 导通画出其等效电路}$$

如图 15.9(c)

用网孔电流法求解:

$$\begin{cases} I_1 \cdot 2 + 0.7 - 10 = 0 \quad (\text{KVL 定理}) \\ I_2 \cdot 3 - 5 - 0.7 = 0 \end{cases}$$

联立解得

$$I_1 = 4.65 \text{ mA}, I_2 = 1.9 \text{ mA}$$

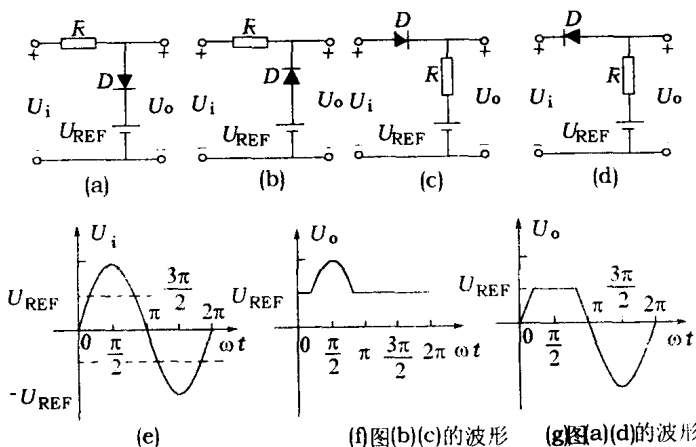
故可求得

$$I_D = I_1 - I_2 = 4.65 - 1.9 = 2.75 \text{ mA (KCL 定理)}$$

(b) 断开  $D$ ,  $U_A = \frac{-10}{3+2} \times 2 = -4\text{V} < +5\text{V}$ , 所以  $D$  反偏,  $D$  截止,  $I_D = 0$

**15.2.4** 如图解 15.10 所示的各限幅电路中, 设二极管是理想的, 试画出当输入电压  $U_i$  为图(e) 所示的正弦信号时, 各自的输出电压波形。

**解** 限幅电平为  $U_{REF}$ 。根据  $D$  的接法, 判断各电路在  $U_i$  输入时  $D$  的状态; 导通当短路、截止将  $D$  开路, 从而得出各电路  $U_o$  的输出波形如图(f) 和 (g) 所示。



图解 15.10

**15.2.5** 如图解 15.11 所示电路中的稳压管参数为: 工作电流  $5\text{mA}$ , 稳定电压  $U_z = 12\text{V}$ , 额定功耗  $P_z = 200\text{mW}$ 。试问限流电阻  $R$  为  $1.2\text{k}\Omega$  是否保证  $U_o$  为  $12\text{V}$ ?

**知识点窍:** 稳压管的性质。

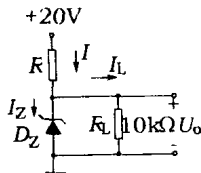
**逻辑推理:** 稳压管中, 电流, 电压和功率关系

$$\text{解 } I_{z\max} = \frac{P_z}{U_z} = \frac{200}{12} = 16.67\text{mA}$$

设稳压电路正常工作, 电流参考方向如图所标注。

$$I_L = \frac{U_o}{R_L} = \frac{12}{10} = 1.2\text{mA},$$

$$I = \frac{20 - 12}{1.2} = 6.67\text{mA}$$



图解 15.11

则

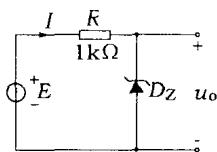
$$I_z = I - I_1 = 6.67 - 1.2 = 5.47 \text{ mA (KVL 定理)}$$

由于  $5\text{mA} < I_z < 16.67\text{mA}$ , 所以假设成立, 稳压管正常工作,  $R = 1.2\text{k}\Omega$  合适,  $U_o = U_z = 12\text{V}$ 。

**15.2.6** 如图解 15.12 所示电路中, 已知稳压管 2CW17 的参数为:  $U_z = 10\text{V}$ , 稳定电流为  $5\text{mA}$ , 额定功耗  $P_z = 250\text{mW}$ 。试求电压源  $E$  分别为  $8\text{V}$ 、 $18\text{V}$ 、 $-6\text{V}$  时的  $U_o$  和电流  $I$  的大小各为多少? 为使电路正常稳压,  $E$  的最大允许值为多大?

**知识点窍:** 稳压管的性质, 基尔霍夫电压定律。

**逻辑推理:** 稳压管正向时为二极管, 反向工作在击穿状态, 上面的电流保证在最大稳定电流之内时正常工作。



图解 15.12

**解** 该管最大稳定电流  $I_{zm} = \frac{P_z}{U_z} = \frac{250}{10} = 25\text{mA}$

(1)  $E = 8\text{V}$  时,  $8\text{V} < U_z = 10\text{V}$ , 稳压管  $D_z$  未被击穿, 故  $U_o = E = 8\text{V}$ ,  $I = 0$

(2)  $E = 18\text{V}$  时, 设  $U_o = U_z = 10\text{V}$ ,  $U_R = E - U_o = 18 - 10 = 8\text{V}$

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{8}{1} = 8\text{mA} = I_z, \text{ 而 } 5\text{mA} < I_z < 25\text{mA}, \text{ 计算成立。}$$

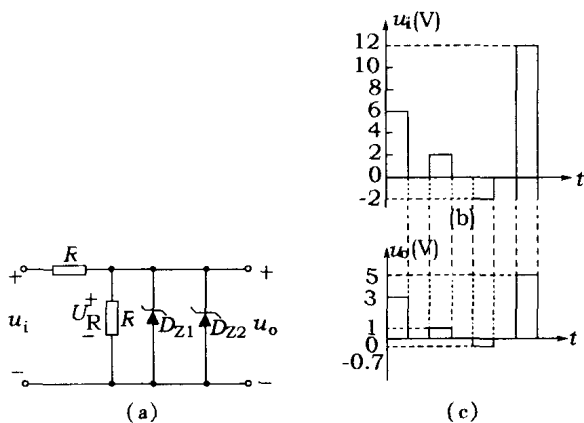
(3)  $E = -6\text{V}$  时, 稳压管正向导通,  $U_o = -0.7\text{V}$ ,  $U_R = -6 + 0.7 = 5.3\text{V}$

$$I = \frac{-5.3}{1} = -5.3\text{mA} \text{ (欧姆定律)}$$

为保证稳压管正常工作, 应保证  $I \leq I_{zm} = 25\text{mA}$ , 故最大电压

$$E_m = I_{zm}R + U_z = 25 + 10 = 35\text{V} \text{ (KVL 定理)}$$

**15.2.7** 如图解 15.13(a) 所示电路中, 稳压管  $D_{z1}$  和  $D_{z2}$  的稳压值分别为  $U_{z1} = 5\text{V}$ ,  $U_{z2} = 7\text{V}$ , 稳压特性是理想的, 正向压降为  $0.7\text{V}$ 。若输入电压  $u_i$  的波形如图解 15.13(b) 所示, 试画出输出电压  $u_o$  的波形。



图解 15.13

知识点窍: 稳压管的性质。

逻辑推理:  $D_{Z1}$ ,  $D_{Z2}$  的稳压值不同, 故要分段讨论。

解 当  $0 < u_i < 10\text{V}$  时, 两管均未击穿而截止, 经过两个电阻  $R$  分压

$$u_o = \frac{u_i}{2}。$$

当  $u_i > 10\text{V}$  时,  $R$  上各分得大于  $5\text{V}$  电压, 故将  $D_{Z1}$  击穿,  $u_o$  被钳位在  $5\text{V}$ 。  
 $D_{Z2}$  仍然是反向截止。

当  $-1.4\text{V} < u_i < 0$  时,  $|u_R| = \left| \frac{u_i}{2} \right| < 0.7\text{V}$ ,  $D_{Z1}$ ,  $D_{Z2}$  均截止,

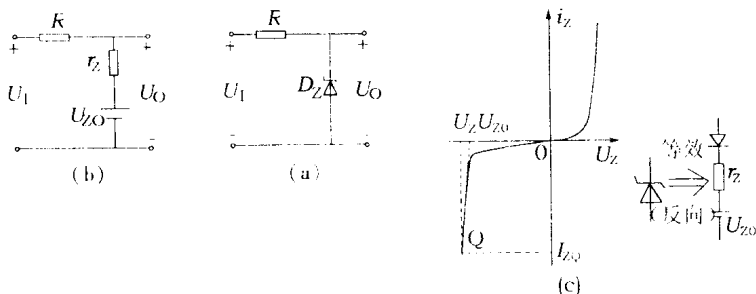
$$\text{故 } u_o = u_R = \frac{u_i}{2}。$$

当  $u_i < -1.4$  时,  $|u_R| = \left| \frac{u_i}{2} \right| > 0.7\text{V}$ , 则  $D_{Z1}$ 、 $D_{Z2}$  正向并联导通,

$$\text{故 } u_o = -0.7\text{V}。$$

综上所述, 画出输出电压  $u_o$  波形如图(c) 所示。

**15.2.8** 电路如图解 15.14(a), 未经稳定的直流输入电压  $U_1$  可变; 稳压管型号为 2CW58, 该管在反向流过  $5\text{mA}$  测试电流时, 其端电压为  $10\text{V}$ , 动态电阻  $r_z$  为  $20\Omega$ , 管子的最大稳压电流  $I_{ZM}$  为  $26\text{mA}$ ; 限流电阻  $R = 1\text{k}\Omega$ 。



图解 15.14

**知识点窍:** 稳压管的性质。

**逻辑推理:** (a) 试求对应于图解 15.14(c) 所示的硅稳压管模型中的  $U_{Z0}$ ;

(b)  $U_0 = 10\text{V}$  时,  $U_1$  的值应等于多少?

(c) 若  $U_1$  在上面求得的数值基础上变化  $\pm 10\%$ , 试求  $U_0$  及  $I_L$  相应的变化范围;

(d) 若  $U_1$  处于  $6\text{V}$  到  $9\text{V}$  的范围内,  $U_0$  将为多大。

**分析:** 当要考虑  $r_z$  的影响时, 必须用图解 15.14(c) 所示模型等效硅稳压管, 画出所求解电路的等效电路, 方可求解

**解** (a) 由图解 15.14(c) 可见

$$U_Z = U_{Z0} + I_Z r_Z$$

故

$$\begin{aligned} U_{Z0} &= U_Z - I_Z r_Z \\ &= 10 - 5 \times 10^{-3} \times 20 \\ &= 9.9\text{V} \end{aligned}$$

$$(b) U_1 = U_Z + I_Z R = 10 + 5 \times 1 = 15\text{V}$$

(c) 用其模型代  $D_Z$ , 得等效电路图解 15.14(b)。

当  $U_1$  下降  $10\%$ , 为  $15 \times (1 - 10\%) = 13.5\text{V}$  时,

$$\begin{aligned} I_Z &= \frac{U_1 - U_{Z0}}{R + r_Z} \\ &= \frac{13.5 - 9.9}{1 + 20 \times 10^{-3}} = 3.53\text{mA} \end{aligned}$$

$$U_0 = U_{Z0} + I_Z r_Z$$

$$= 9.9 + 3.53 \times 20 \times 10^{-3} = 9.97\text{V}$$

当  $U_1$  上升 10%, 为  $15 \times (1 + 10\%) = 16.5\text{V}$  时,

$$I_Z = \frac{U_1 - U_{Z0}}{R + r_Z}$$

$$= \frac{16.5 - 9.9}{1 + 20 \times 10^{-3}} = 6.47\text{mA}$$

$$U_O = U_{Z0} + I_Z r_Z$$

$$= 9.9 + 6.47 \times 20 \times 10^{-3} = 10.03\text{V}$$

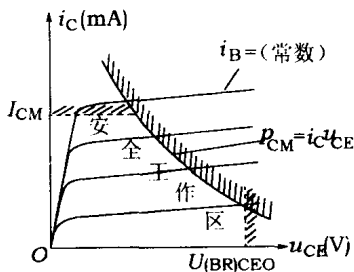
(d) 由图解 15.14(b) 可见, 当  $U_1 < U_{Z0}$  时, 图(a) 中的硅稳压管不会被击穿, 似同开路。故  $U_1$  处于 6V 到 9V 范围内时, 其值低于 9.9V 的  $U_{Z0}$ ,  $D_Z$  不被击穿,  $R$  中无电流,  $U_O$  将跟随  $U_1$  在 6V 到 9V 的范围内变化。

**15.2.9** 简述三极管安全工作区域, 设某三极管的极限参数为:  $P_{CM} = 150\text{mW}$ ,  $I_{CM} = 150\text{mA}$ 。

$U_{(BR)CEO} = 30\text{V}$ 。试问:

- (1) 若它的工作电压  $U_{CE} = 10\text{V}$ , 则工作电流  $I_C$  最大不能超过多少?
- (2) 若工作电压  $U_{CE} = 1\text{V}$ , 则工作电流  $I_C$  最大不得超过多少?
- (3) 若工作电流  $I_C = 1\text{mA}$ , 则工作电压  $U_{CE}$  最大不得超过多少?

**解**  $P_{CM}$ 、 $I_{CM}$ 、 $U_{(BR)CEO}$  是三极管的三个极限参数, 在使用中均不得超过。否则, 管子或因过热而烧毁, 或因  $I_C$  太大而使放大能力下降, 或因过电压而被击穿。由  $P_{CM}$ 、 $I_{CM}$  和  $U_{(BR)CEO}$  决定的安全工作区域如图解 15.15。



图解 15.15

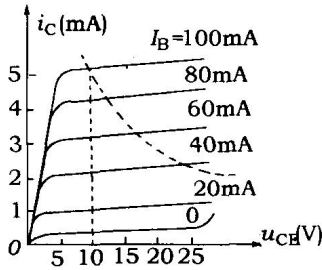
(1) 因为  $P_{CM} = I_C U_{CE} = 150\text{mW}$ , 当  $U_{CE} = 10\text{V}$  时,  $I_C = 15\text{mA}$ , 即为此时  $I_C$  允许的最大值。

(2) 当  $U_{CE} = 1\text{V}$  时, 仅从功率的角度考虑,  $I_C$  可达 150mA, 考虑到参数  $I_{CM}$ , 故  $I_C = 100\text{mA}$ , 即为此时允许的最大值。



(3) 当  $I_C = 1\text{mA}$  时, 仅从功率的角度考虑, 可有  $U_{CE} = 150\text{V}$ , 但考虑到参数  $U_{(BR)CEO}$ , 所以,  $U_{CE} = 30\text{V}$  即为此时允许的最大值。

15.2.10 某半导体三极管的输出特性如图解 15.16 所示。试求出该管的  $\beta$ 、 $\alpha$ 、 $I_{CEO}$ 、 $U_{(BR)CEO}$  和  $P_{CM}$ 。



图解 15.16

知识点窍: 三极管特性曲线。

逻辑推理: 清楚曲线上各参数的定义即可。

解 根据各参数定义在曲线上分别求出:

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{4 - 2}{(80 - 40) \times 10^{-3}} = 50$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{50}{51} = 0.98$$

$$I_{CEO} = I_C - I_B = 0.2 - 0 = 0.2\text{mA}$$

$$U_{(BR)CEO} = 25\text{V}$$

在  $U_{CE} = 10\text{V}$  时,

$$P_{CM} = I_C U_{CE} = 5 \times 10 = 50\text{mW}$$

### 15.3 练习与思考题解答

15.1.1 电子导电和空穴导电有什么区别? 空穴电流是不是自由电子递补空穴所形成的?

解 电子导电是自由电子在外电场作用下定向运动, 携带负电荷导电, 运动方向与电流方向相反; 空穴导电则是由被原子核束缚的价电子在共价键