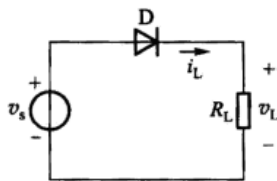


3.4 二极管的基本电路及其分析方法

3.4.1 电路如图题 3.4.1 所示,电源 $v_s = 2\sin \omega t$ V,试分别使用二极管理想模型和恒压降模型($V_D = 0.7$ V)分析,绘出负载 R_L 两端的电压波形,并标出幅值。

解:当二极管为理想模型时,无正向导通压降, $v_s > 0$ 时,D 导通, $v_L = v_s$; $v_s \leq 0$ 时,D 截止, $v_L = 0$ 。 v_L 的波形如图解 3.4.1a 所示。

当二极管为恒压降模型,且正向导通压降为 0.7 V 时, $v_s > 0.7$ V 时,D 导通, $v_L = v_s - 0.7$ V; $v_s \leq 0.7$ V 时,D 截止, $v_L = 0$ 。 v_L 的波形如图解 3.4.1b 所示。

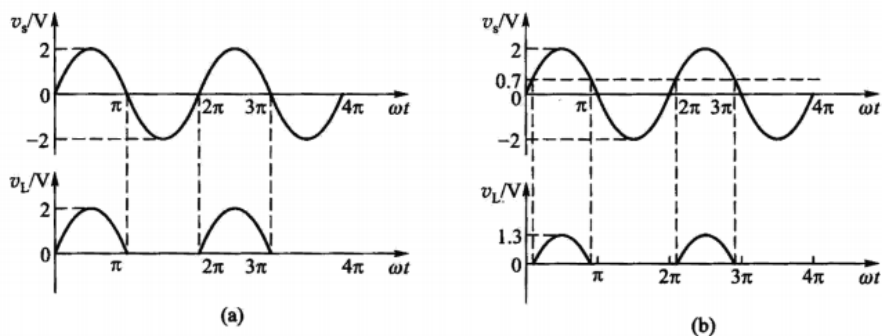


图题 3.4.1

的波形如图解 3.4.1b 所示。

3.4.2 12 V 电池的简化充电电路如图题 3.4.2 所示,用二极管理想模型分析,若 v_s 是振幅为 24 V 的正弦波,则二极管流过的峰值电流和二极管两端的最大反向电压各是多少?

解:二极管为理想模型,当 $v_s > 12$ V 时,D 导通,流过二极管的峰值电流为

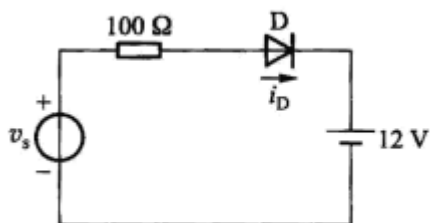


图解 3.4.1

$$I_m = (24 \text{ V} - 12 \text{ V}) / 100 \Omega = 0.12 \text{ A}$$

当 $v_s \leq 12$ V 时,D 截止,100 Ω 电阻上无压降。若以 v_s 和 12 V 电池相连的负极为 0 V 为参考电位,则 v_s 的负向峰值电压加在 D 的阳极,二极管承受的最大反向电压为

$$V_{Rm} = 12 \text{ V} - (-24 \text{ V}) = 36 \text{ V}$$



图题 3.4.2

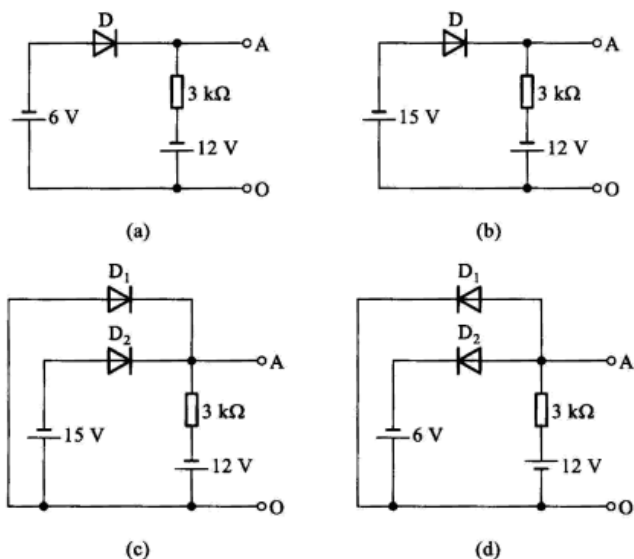
3.4.12 二极管电路如图题 3.4.12 所示,试判断图中的二极管是导通还是截止,并求出 AO 两端电压 V_{AO} 。设二极管是理想的。

解:图 a:将 D 断开,以 O 点为电位参考点,D 的阳极电位为 -6 V ,阴极电位为 -12 V ,故 D 处于正向偏置而导通, $V_{AO} = -6\text{ V}$ 。

图 b:将 D 断开,以 O 点为电位参考点,D 的阳极电位为 -15 V ,阴极电位为 -12 V ,D 被反向偏置而截止,回路中无电流,电阻上无压降, $V_{AO} = -12\text{ V}$ 。

图 c:将 D_1 和 D_2 均断开,以 O 点为电位参考点, D_1 的阳极电位为 0 V ,阴极电位为 -12 V ; D_2 的阳极电位为 -15 V ,阴极电位为 -12 V ,故 D_1 导通, D_2 截止, D_1 导通后使 A 点的电位为 0 V ,此时 D_2 仍截止, $V_{AO} = 0\text{ V}$ 。

图 d:将 D_1 和 D_2 均断开,以 O 点为电位参考点, D_1 的阳极电位为 12 V ,阴极电位为 0 V ; D_2 的阳极电位为 12 V ,阴极电位为 -6 V ,即 D_1 和 D_2 都为正向偏置。但是 D_2 一旦导通, D_1 的阳极电位将变为 -6 V , D_1 便不能再导通;反之 D_1 一旦导通, D_2 的阳极电位将变为 0 V , D_2 仍能导通,所以 D_2 总能导通,而 D_1 必然截止, $V_{AO} = -6\text{ V}$ 。



图题 3.4.12

3.4.14 电路如图题 3.4.14 所示, D 为硅二极管, $V_{DD} = 2\text{ V}$, $R = 1\text{ k}\Omega$, 正弦信号 $v_s = 50\sin(2\pi \times 50t)\text{ mV}$ 。(1) 静态(即 $v_s = 0$)时, 求二极管中的静态电流和 v_o 的静态电压;(2) 动态时, 求二极管中的交流电流振幅和 v_o 的交流电压振幅;(3) 求输出电压 v_o 的总量。

解:(1) 静态时, 二极管是导通的。利用恒压降模型求得二极管的静态电压、电流为

$$V_D = 0.7\text{ V}$$

$$I_D = (V_{DD} - V_D) / R = (2\text{ V} - 0.7\text{ V}) / 1\text{ k}\Omega = 1.3\text{ mA}$$

输出电压的直流分量为

$$V_o = I_D R = 1.3\text{ mA} \times 1\text{ k}\Omega = 1.3\text{ V} \quad (\text{或 } V_o = V_{DD} - V_D = 2\text{ V} - 0.7\text{ V} = 1.3\text{ V})$$

(2) 二极管的小信号交流等效电路如图解 3.4.14 所示。

二极管微变电阻为

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26\text{ mV}}{1.3\text{ mA}} = 20\text{ }\Omega = 0.02\text{ k}\Omega$$

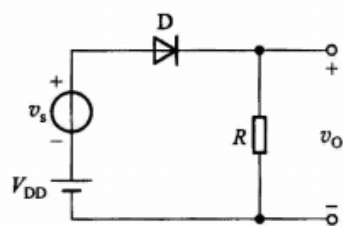
$$i_d = v_s / (r_d + R) = 50\text{ mV} / 1.02\text{ k}\Omega \approx 49\text{ }\mu\text{A}$$

$$v_o = \frac{R}{R + r_d} \cdot v_s = \frac{1\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 0.02\text{ k}\Omega} \times 50\text{ mV} \approx 49\text{ mV} = 0.049\text{ V}$$

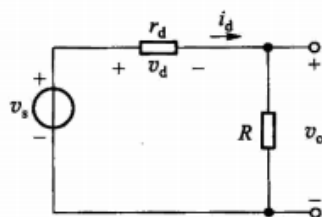
或

$$v_o = i_d R = 49\text{ }\mu\text{A} \times 1\text{ k}\Omega = 0.049\text{ V}$$

(3) 输出电压的总量为 $v_o = V_o + v_o = 1.3 + 0.049\sin(2\pi \times 50t)\text{ V}$

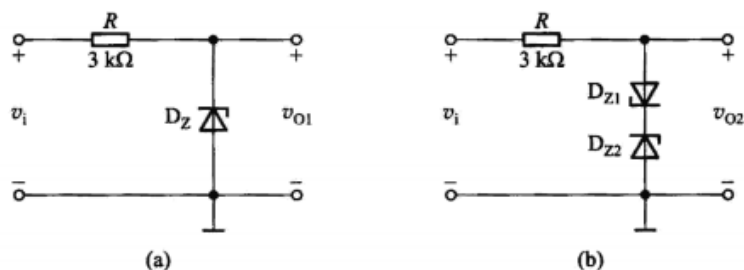


图题 3.4.14



图解 3.4.14

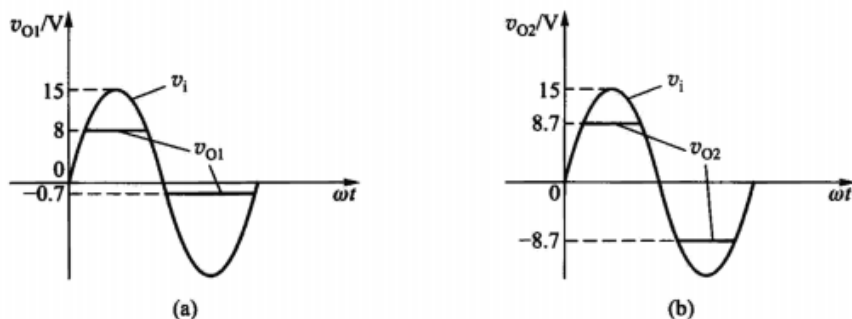
3.5.1 电路如图题 3.5.1 所示,所有稳压管均为硅管,且稳定电压 $V_Z = 8\text{ V}$, 设 $v_i = 15\sin \omega t\text{ V}$, 试绘出 v_{o1} 和 v_{o2} 的波形。



图题 3.5.1

解: 对于图 a 电路, $-0.7\text{ V} < v_i < V_Z (8\text{ V})$ 时, D_Z 截止, $v_{o1} = v_i$; $v_i \geq V_Z$ 时, D_Z 反向击穿, $v_{o1} = V_Z = 8\text{ V}$; $v_i \leq -0.7\text{ V}$ 时, D_Z 正向导通, $v_{o1} = -0.7\text{ V}$ 。 v_{o1} 的波形如图解 3.5.1a 所示。

对于图 b 电路, $-V_Z - 0.7\text{ V} < v_i < V_Z + 0.7\text{ V}$ 时, D_{Z1} 和 D_{Z2} 总有一个是截止的, $v_{o2} = v_i$; $v_i \geq V_Z + 0.7\text{ V}$ 时, D_{Z1} 正向导通, D_{Z2} 反向击穿, $v_{o2} = V_Z + 0.7\text{ V} = 8.7\text{ V}$; $v_i \leq -V_Z - 0.7\text{ V}$ 时, D_{Z1} 反向击穿, D_{Z2} 正向导通, $v_{o2} = -V_Z - 0.7\text{ V} = -8.7\text{ V}$ 。 v_{o2} 的波形如图解 3.5.1b 所示。



图解 3.5.1

5.1 BJT

5.1.1 测得某放大电路中处于放大状态的 BJT 的三个电极 A、B、C 的对地电位分别为 $V_A = -9\text{ V}$, $V_B = -6\text{ V}$, $V_C = -6.2\text{ V}$, 试分析 A、B、C 中哪个是基极 b, 哪个是发射极 e, 哪个是集电极 c, 并说明此 BJT 是 NPN 型管还是 PNP 型管。

解: 无论是 NPN 型 BJT 还是 PNP 型 BJT, 基极电位总是介于其他两个电极电位之间, 据此可断定 C 是基极。又因为发射结正向偏置压降约为 0.7 V (硅管) 或 0.2 V (锗管), 并且 $V_{BE} > 0$ 时为 NPN 管, $V_{BE} < 0$ 时为 PNP 管, 所以根据 $V_C - V_B = -0.2\text{ V} < 0$, 可知 B 为发射极, 且为 PNP 管。显然, 剩下的 A 便是集电极。

另外, 放大状态下 NPN 管的发射极电位最低, 集电极电位最高; 而 PNP 管的发射极电

位最高,集电极电位最低,也是判断的依据之一。

5.1.2 某 BJT 的极限参数 $I_{CM} = 100 \text{ mA}$, $P_{CM} = 150 \text{ mW}$, $V_{(BR)CEO} = 30 \text{ V}$, 若它的工作电压 $V_{CE} = 10 \text{ V}$, 则工作电流 I_C 不得超过多大? 若工作电流 $I_C = 1 \text{ mA}$, 则工作电压的极限值应为多少?

解: 当 BJT 在电路中工作时,除了要考虑最大电压和最大电流限制外,还要根据功率限制核算对电压、电流的限制,即应满足 $I_C V_{CE} \leq P_{CM}$ 。

当 $V_{CE} = 10 \text{ V}$ 时,要求 $I_C \leq P_{CM}/V_{CE} = 15 \text{ mA}$, 此值小于 $I_{CM} = 100 \text{ mA}$, 故此时工作电流不超过 15 mA 即可。

当 $I_C = 1 \text{ mA}$ 时,要求 $V_{CE} \leq P_{CM}/I_C = 150 \text{ V}$, 同时要求 $V_{CE} \leq V_{(BR)CEO} = 30 \text{ V}$, 所以工作电压的极限值为 30 V 。

5.1.3 设某 BJT 处于放大状态。(1)若基极电流 $i_B = 6 \mu\text{A}$, 集电极电流 $i_C = 510 \mu\text{A}$, 试求 β 、 α 及 i_E ; (2)如果 $i_B = 50 \mu\text{A}$, $i_C = 2.65 \text{ mA}$, 试求 β 、 α 及 i_E 。

解: (1)
$$\beta = \frac{i_C}{i_B} = \frac{510 \mu\text{A}}{6 \mu\text{A}} = 85$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{85}{86} \approx 0.988$$

$$i_E = i_C + i_B = 510 \mu\text{A} + 6 \mu\text{A} = 516 \mu\text{A}$$

(2)
$$\beta = \frac{i_C}{i_B} = \frac{2.65 \text{ mA}}{0.05 \text{ mA}} = 53$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{53}{54} \approx 0.981$$

$$i_E = i_C + i_B = 2.65 \text{ mA} + 0.05 \text{ mA} = 2.7 \text{ mA}$$