

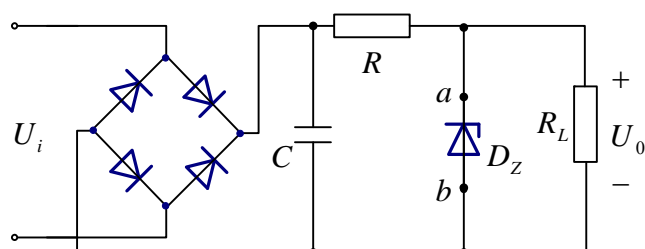
第五章 基本半导体器件及其电路模型

5-1

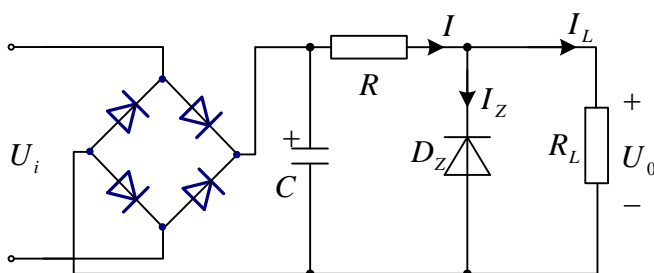
(1) 稳压管的正常工作在 反向击穿 状态，在这个状态下，电流变化幅度很 大，而电压变化幅度很 小。

(2) 三极管处于放大状态时，发射结处于 正 偏，集电结处于 反 偏。

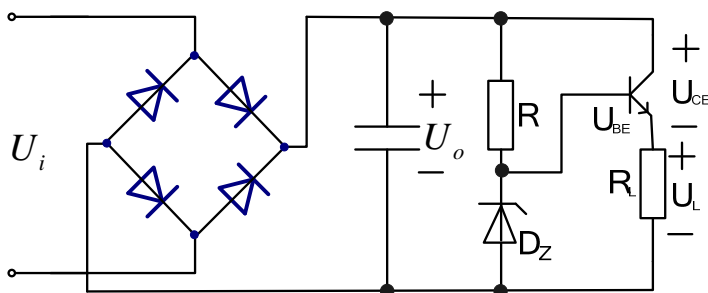
(3) 如图所示：



(4) $R_L \downarrow (I_L \uparrow) \rightarrow I \uparrow \rightarrow U_0 \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow I \downarrow \rightarrow IR \downarrow \rightarrow U_0 \uparrow$



(5) $U_L \downarrow \rightarrow U_{BE} \uparrow \rightarrow I_B \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow U_{CE} \downarrow \rightarrow U_L \uparrow$

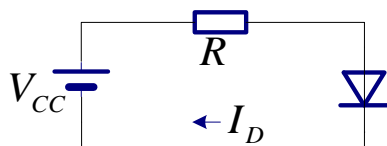


5-8 在什么条件下可以使用三极管低频小信号模型分析电路？

低频：信号频率远小于三极管的工作频率

小信号：输入信号电压幅度的变化使三极管基极电流变化的范围较小，基极电流的变化近似线性，基极电流对应的输出电流处于放大区。

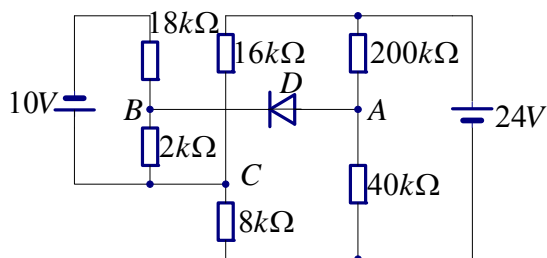
5-9 计算题图 5-2 所示电路中电流 I_D 大小。设二极管 D 有 0.7V 的管压降，图中 $R=1\text{k}\Omega$ ，电源电压为 5V。



题图 5-2

解:
$$i_D = \frac{V_{CC} - V_D}{R} = \frac{5 - 0.7}{1k\Omega} = 4.3 \text{ mA}$$

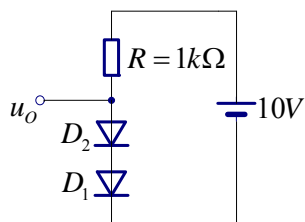
5-11 判断题图 5-3 所示电路中的二极管是导通还是截止，为什么？



题图 5-3

解：未接二极管时， $V_A = 4 \text{ V}$ ， $V_C = 8 \text{ V}$ ；而 $I_{BC} = \frac{10}{20k\Omega} = 0.5 \text{ mA}$ ， $V_B = V_C - I_{BC} \cdot 2k\Omega$ ，所以 $V_B = 7 \text{ V}$ ， $V_B > V_A$ ，因此二极管截止。

5-13 设题图 5-5 所示电路中二极管有 0.7 V 管压降，利用二极管恒压降模型求电路中电流大小和输出电压 u_o

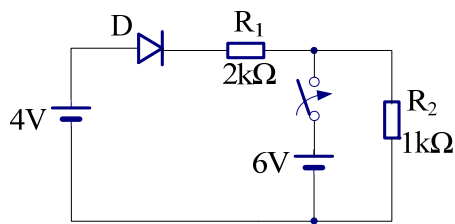


题图 5-5

解：电流
$$I = \frac{10 - 2 \times 0.7}{1k\Omega} = 8.6 \text{ mA}$$

$$u_o = 1.4 \text{ V}$$

5-14 电路如题图 5-6 所示，二极管 D 为硅管（导通电压降 $V_{th} = 0.7 \text{ V}$ ），采用恒压降模型，估算开关闭合前后 R_2 上的电压降为多少？

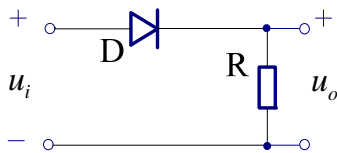


题图 5-6

解：开关闭合前，二极管导通： $u_{R2} = (4 - 0.7) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3.3 \times \frac{1}{3} = 1.1V$

开关闭合后，二极管 D 截止： $u_{R2} = 6V$

5-15 电路如题图 5-7 所示，输入电压 $u_i = 5 \cos(\omega t)V$ ，二极管 D 为硅管，分别采用理想模型和恒压降模型，求 $R = 1k\Omega$ 上的输出电压 u_o 。



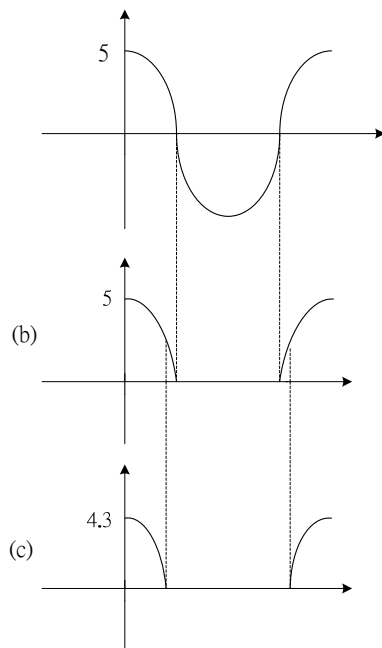
题图 5-7

解：采用理想模型：当 $u_i > 0$ 时，二极管导通， $u_o = u_i$ ；

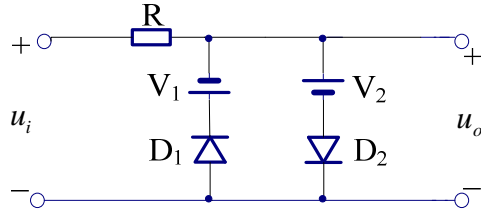
当 $u_i < 0$ 时，二极管截止， $u_o = 0$ ，如图（b）

采用恒压降模型：当 $u_i > 0.7V$ 时，二极管导通， $u_o = u_i - 0.7$ ；

当 $u_i < 0.7V$ 时，二极管截止， $u_o = 0$ ，如图（c）



5-16 电路题图 5-8 所示，二极管为硅管，采用理想化模型，输入信号 $u_i = V_m \sin(\omega t)V$ ，画出输出电压信号 u_o 。



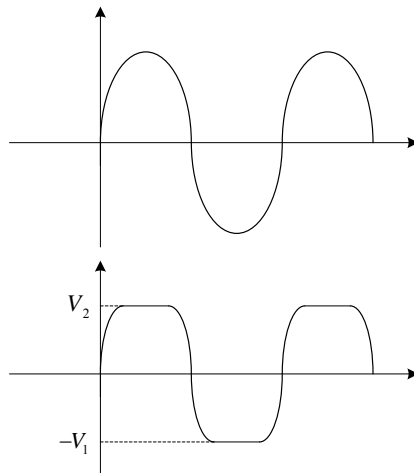
题图 5-8

解：当 $u_i + V_1 < 0$ 时，即 $u_i < -V_1$ 时， D_1 导通， D_2 截止， $u_o = -V_1$

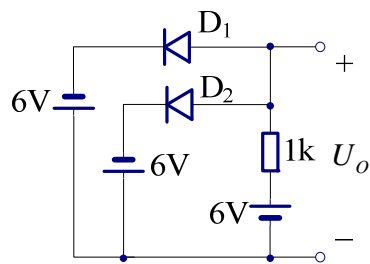
当 $u_i - V_2 > 0$ 时，即 $u_i > V_2$ 时， D_1 截止， D_2 导通， $u_o = V_2$

当 $-V_1 \leq u_i \leq V_2$ 时， D_1 D_2 都截止， $u_o = u_i$

输入输出波形如图所示，正弦波的幅度被限制在 $[-V_1, V_2]$ 范围内。



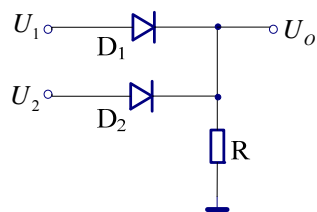
5-17 电路如题图 5-9 所示，采用理想化模型，判断图中的二极管是导通还是截止？并求 U_o 。



题图 5-9

解： D_1 D_2 均导通， $U_o = -6V$ 。

5-18 电路题图 5-10 所示，采用理想化模型输入信号 U_1 和 U_2 的值可以为 0V 或 5V，求不同输入时对应的输出。

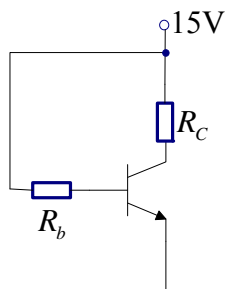


题图 5-10

解：逻辑或

| U_1 | U_2 | U_0 |
|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 5 | 5 |
| 5 | 0 | 5 |
| 5 | 5 | 5 |

5-23 如题图 5-15 所示电路，电源电压为 15 V，三极管的 $\beta = 100$ ， $R_b = 1k\Omega$ ，环境温度为 $0 \sim 40^\circ\text{C}$ ，要求三极管的集电极电流为 0.1 A，工作频率为 10 kHz，试选择合适的 R_C 电阻值。



题图 5-15

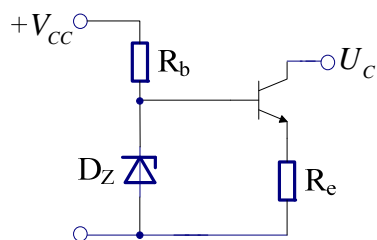
解： $\beta = 100$ ， $I_C = 0.1\text{A}$ ，则 $I_b = 1\text{mA}$ ， $R_b = \frac{15 - V_{be}}{I_b} \approx 15k\Omega$

$$U_{CE} = 15 - R_C I_C \geq 1\text{V} \quad \text{所以：} R_C \leq 140 k\Omega$$

$$\text{或者：} I_B = \frac{15 - 0.7}{1k\Omega} = 14.3\text{mA}，\text{所以 } I_C \approx 1.4\text{A}$$

$$15 - I_C \cdot R_C \geq 1\text{V}，\text{所以 } R_C \leq \frac{14}{1.4} = 10k\Omega$$

5-29 电路如图 5-18 所示，稳压管的稳定电压是 5V，电源电压 $V_{CC} = 12\text{V}$ ，三极管集电极电压 $U_C = 8\text{V}$ ，电阻 $R_e = 2 k\Omega$ ， $R_b = 20 k\Omega$ ，试计算发射极电流和三极管的压降。



题图 5-18

解：首先判断稳压管的工作状态，假设无稳压管，计算 U_B

$$\text{设 } \beta = 100, \quad V_{CC} = I_B R_b + 0.7 + I_E R_e = I_B R_b + 0.7 + \beta I_B R_e, \quad I_B = \frac{12 - 0.3}{R_b + \beta R_e} \approx \frac{11.3}{\beta R_e}$$

$$\text{则 } I_B = 0.05 \text{ mA}, \quad U_B = V_{CC} - I_B R_b = 12 - \frac{11.3 \cdot R_b}{R_b + \beta R_e} = 12 - \frac{11.3}{\frac{\beta}{10} + 1},$$

所以稳压管正常工作，稳压在 5V

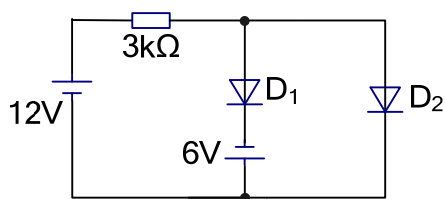
$$I_E = \frac{5 - 0.7}{R_e} = 2.15 \text{ mA}, \quad U_{CE} = U_C - R_e I_E = 3.7 \text{ V},$$

即：发射极电流 2.15mA 三极管压降 3.7V

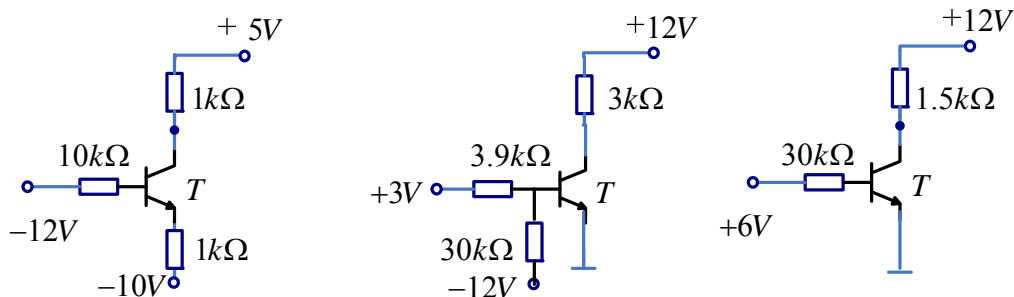
补充 5-1：如图所示电路中两个二极管的状态分别为：(B)

(A) D_1 截止， D_2 导通 (B) D_1 导通， D_2 截止

(C) D_1 截止， D_2 截止 (D) D_1 导通， D_2 导通



补充5-2：判断下图所示电路中三极管工作的状态（各三极管 $\beta = 30$ ）：



解： (a) 截止 (b) 饱和 (c) 放大

(a) 截止

(b) $U_B = \frac{15}{30+3.9} \times 30 - 12 = 1.27$ ，所以发射结正偏

$$I_B = \frac{2.3}{3.9} - \frac{12.7}{30} = 0.5897 - 0.4233 = 0.166mA$$

$$I_C = \beta I_B = 4.99mA$$

$$U_{CE} = 12 - 3 \times 4.99 \approx -3V$$

U_{CE} 不可能为负，所以 $I_C < \beta I_B$ ，处于饱和状态

(c) $I_B = \frac{5.3}{30} = 0.1767mA$

$$I_C = \beta I_B = 5.3mA$$

$U_{CE} = 12 - 7.95 \approx 4V$ ，处于放大状态。