

第1章部分重点习题解答

1.4 试求图 1.4 所示电路的 U_{ab} 。

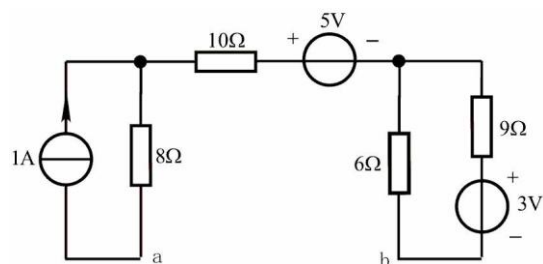
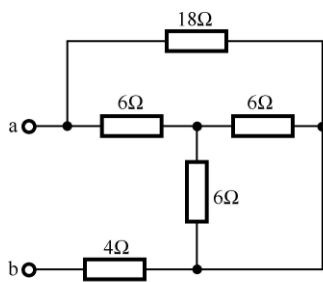


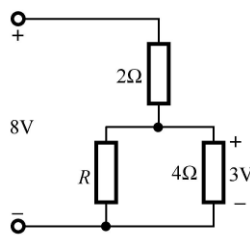
图 1.4 习题 1.4 电路图

解
$$U_{ab} = -8 \times 1 + 5 + \frac{6}{6+9} \times 3 = -1.8V$$

1.7 电路如图 1.7 所示: (1) 求图(a)中的 ab 端等效电阻; (2) 求图(b)中电阻 R 。



(a)



(b)

图 1.7 习题 1.7 电路图

解 (1)
$$R_{ab} = \frac{\left(6 + \frac{6 \times 6}{6+6}\right) \times 18}{6 \times 6} + 4 = 6 + 4 = 10\Omega$$

(2)
$$R = \frac{3}{\frac{8-3}{2} - \frac{3}{4}} = \frac{12}{7} \Omega$$

1.14 求图 1.14 所示电路的 a 点电位和 b 点电位。

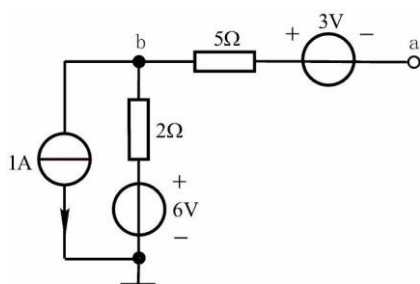


图 1.14 习题 1.14 电路图

解 $V_b = 6 - 2 \times 1 = 4\text{V}$; $V_a = -3 + V_b = 1\text{V}$

1.15 利用支路电流法求图 1.15 中各支路电流。

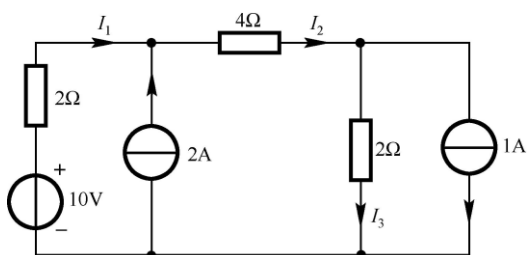


图 1.15 习题 1.15 电路图

解 根据 KCL、KVL 列方程有

$$\begin{cases} I_1 = I_2 - 2 \\ I_2 = I_3 + 1 \\ 2I_1 + 4I_2 + 2I_3 = 10 \end{cases}$$

整理得 $2 \times (I_2 - 2) + 4I_2 + 2 \times (I_2 - 1) = 10$

解得 $I_1 = 0\text{A}$; $I_2 = 2\text{A}$; $I_3 = 1\text{A}$

1.16 利用支路电流法求图 1.16 所示电路的电流 I_1 、 I_2 及 I_3 。

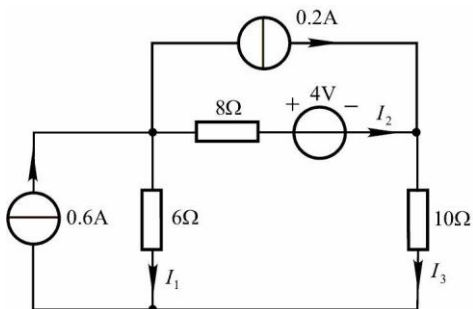


图 1.16 习题 1.16 电路图

解 根据 KCL、KVL 列方程有

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + 0.2 = 0.6 \\ I_2 + 0.2 = I_3 \\ -6I_1 + 8I_2 + 4 + 10I_3 = 0 \end{cases}$$

整理得 $-6 \times (0.4 - I_2) + 8I_2 + 4 + 10 \times (I_2 + 0.2) = 0$

解得 $I_1 = 0.55\text{A}$; $I_2 = -0.15\text{A}$; $I_3 = 0.05\text{A}$

1.17 用节点分析法求图 1.17 中的电压 U 。

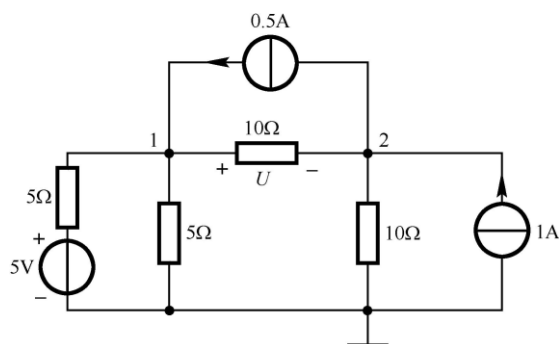


图 1.17 习题 1.17 电路图

解

节点 1 方程为: $\frac{5 - V_1}{5} + 0.5 - \frac{V_1}{5} - \frac{V_1 - V_2}{10} = 0$

节点 2 方程为: $\frac{V_1 - V_2}{10} - 0.5 - \frac{V_2}{10} + 1 = 0$

整理得 $\begin{cases} 5V_1 - V_2 = 15 \\ V_1 - 2V_2 = -5 \end{cases}$, 解得 $\begin{cases} V_1 = \frac{35}{9}\text{V} \\ V_2 = \frac{20}{9}\text{V} \end{cases}$

则 $U = V_1 - V_2 = \frac{5}{9}\text{V}$

1.18 求图 1.18 所示电路的节点电压 V_a 。

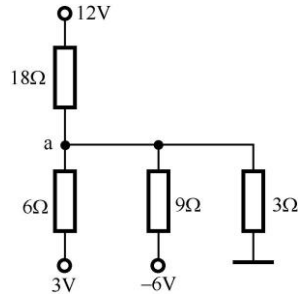


图 1.18 习题 1.18 电路图

解 列节点方程有

$$\frac{12 - V_a}{18} - \frac{V_a - 3}{6} - \frac{V_a + 6}{9} - \frac{V_a}{3} = 0, \text{解得 } V_a = \frac{3}{4} \text{ V}$$

1.19 用叠加原理求图 1.19 所示电路的电压 U 。

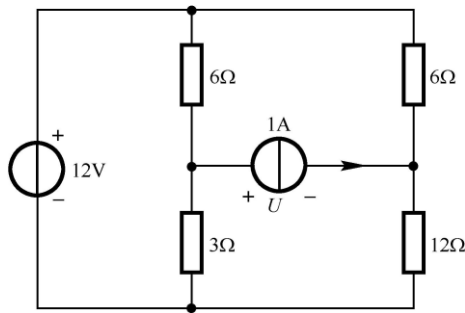


图 1.19 习题 1.19 电路图

解：12V 电压源单独作用：

$$U' = \frac{3}{3+6} \times 12 - \frac{12}{6+12} \times 12 = -4\text{V}$$

$$1\text{A 的电流源单独作用：} U' = -1 \times \left(\frac{3 \times 6}{3+6} + \frac{6 \times 12}{6+12} \right) = -6\text{V}$$

由叠加原理得 $U = U' + U' = -10\text{V}$

1.21 用戴维南定理求图 1.21 所示电路的电压 U 。

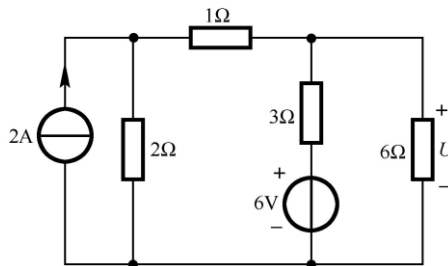


图 1.21 习题 1.21 电路图

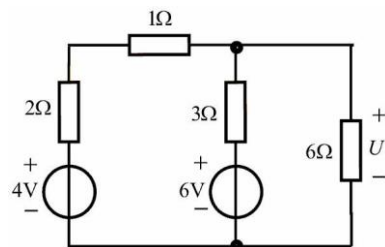


图 1.21(a)

解：利用电源等效变换将图 1.21 等效成图 1.21(a)所示电路，再将 6Ω 电阻支路开路求 U_{oc}

$$U_{oc} = \frac{4-6}{2+1+3} \times 3 + 6 = 5V$$

$$R_0 = \frac{(1+2) \times 3}{1+2+3} = 1.5\Omega$$

$$U = \frac{6}{1.5+6} \times 5 = 4V$$

1.22 用诺顿定理求图 1.22 所示电路的电流 I 。

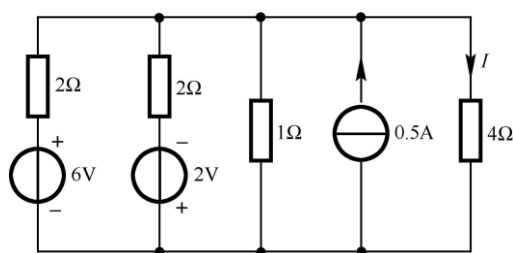


图 1.22 习题 1.22 电路图

解：将 4Ω 电阻支路短路，求 I_{sc}

$$I_{sc} = \frac{6}{2} - \frac{2}{2} + 0.5 = 2.5A$$

将所有独立源置为零，求戴维南等效电阻

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1} = 0.5\Omega ;$$

$$I = \frac{0.5}{0.5+4} \times 2.5 = \frac{25}{90} A = \frac{5}{18} A$$

1.23 试求图 1.23 所示电路的电流 I 及受控源功率。

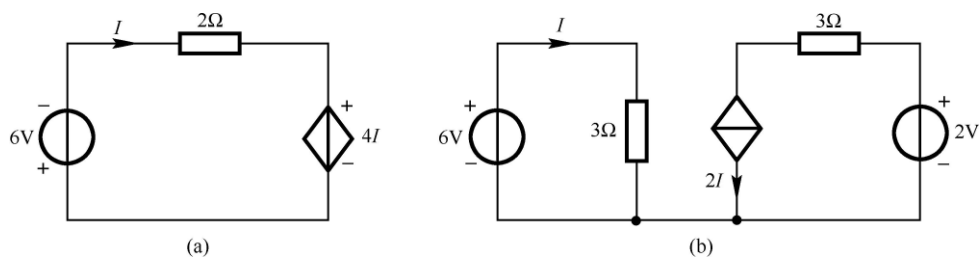


图 1.23 习题 1.23 电路图

解 (a) $2I + 4I + 6 = 0$; $I = -1A$

受控电压源功率

$P = 4I \cdot I = 4W$ (吸收), 即受控电压源吸收功率 $4W$ 。

$$(b) \quad I = \frac{6}{3} = 2A$$

受控电流源功率

$P = 2I \cdot (-3 \times 2I + 2) = -40W$ (产生), 即受控电流源产生功率 $40W$ 。

1.24 用电源等效变换求图 1.24 中的电流 I 及电压源功率。

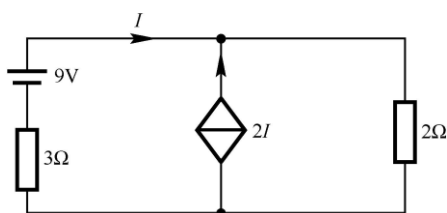


图 1.24 习题 1.24 电路图

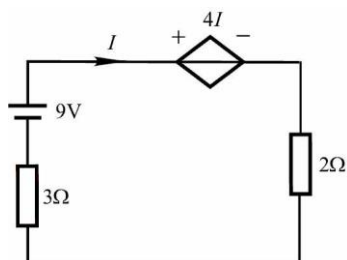


图 1.24(a)

解 等效变换如图 1.24a 所示

$$4I + (2 + 3)I = 9$$

$$I = 1A$$

$P = -9 \cdot I = -9W$ (产生), 所以电压源产生功率 $9W$ 。

第 2 章部分重要习题解答

2.6 换路前如图 2.6 所示电路已处于稳态, $t = 0$ 时开关打开。求换路后的 i_L 及 u 。

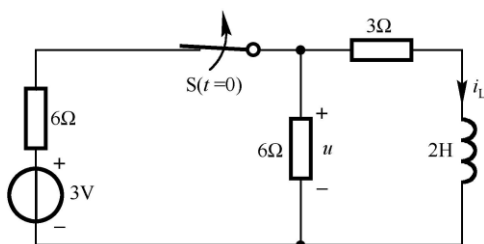


图 2.6 习题 2.6 电路图

解 $t < 0$ 时, 电感储能且达到稳定, 电感相当于短路, 求得

$$i_L(0_-) = \frac{3}{6 + \frac{3 \times 6}{3 + 6}} \times \frac{6}{6 + 3} = \frac{1}{4} A$$

由于电流 i_L 是流过电感上的电流, 根据换路定则得

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{1}{4} A$$

$t > 0$ 时, 电感两端等效电阻为

$$R_0 = 3 + 6 = 9\Omega$$

时间常数 τ

$$\tau = \frac{L}{R_0} = \frac{2}{9} \text{ s}$$

由此可得 $t > 0$ 时各电流和电压为

$$i_L(t) = i_L(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{1}{4}e^{-\frac{9}{2}t} \text{ A} \quad t > 0$$

$$u = -6i_L(t) = -\frac{3}{2}e^{-\frac{9}{2}t} \text{ V} \quad t > 0$$

2.8 换路前如图 2.8 电路已处于稳态, $t = 0$ 时开关闭合。求换路后电容电压 u_C 及 i_C 。

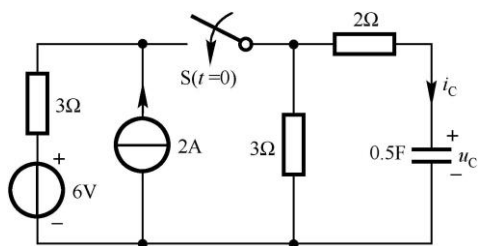


图 2.8 习题 2.8 电路图

解 $t < 0$ 时, 电容无储能, 即 $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 0$

$t > 0$ 时, 利用叠加原理得

$$u_C(\infty) = \frac{3}{3+3} \times 6 + \frac{3 \times 3}{3+3} \times 2 = 6 \text{ V}$$

时间常数: $\tau = R_0 C = \left(2 + \frac{3 \times 3}{3+3} \right) \times 0.5 = 1.75 \text{ s}$

由此可得 $t > 0$ 时各电流和电压为

$$u_C(t) = 6 \left(1 - e^{-\frac{t}{1.75}} \right) \text{ V} \quad t > 0$$

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} = \frac{12}{7} e^{-\frac{t}{1.75}} \text{ A} \quad t > 0$$

2.10 在如图 2.10 所示电路中, 开关接在位置“1”时已达稳态, 在 $t = 0$ 时开关转到“2”的位置, 试用三要素法求 $t > 0$ 时的电容电压 u_C 及 i 。

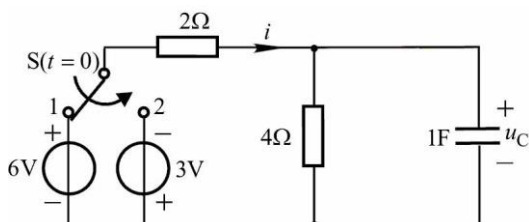


图 2.10 习题 2.10 电路图

解 开关在位置 1 时: $u_C(0_-) = \frac{4}{2+4} \times 6 = 4 \text{ V}$,

由换路定则得初始值: $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 4V$

稳态值: $u_C(\infty) = \frac{4}{2+4} \times (-3) = -2V$

时间常数: $\tau = \frac{2 \times 4}{2+4} \times 1 = \frac{4}{3}s$

由三要素法得: $u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = \left(-2 + 6e^{-\frac{3}{4}t}\right)V \quad t > 0$

$$i = \frac{-3 - u_C}{2} = \left(-\frac{1}{2} - 3e^{-\frac{3}{4}t}\right)A \quad t > 0$$

2.11 图 2.11 所示电路原已达稳态, $t = 0$ 开关打开。求 $t > 0$ 时的响应 u_C 、 i_L 及 u 。

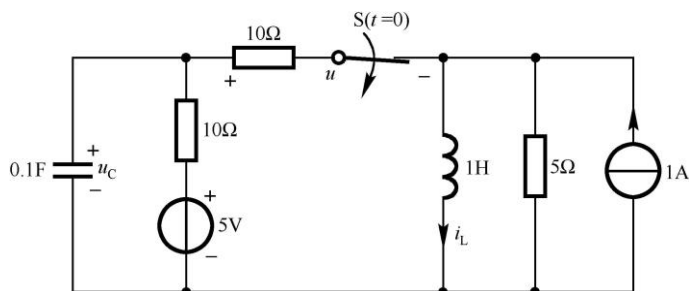


图 2.11 习题 2.11 电路图

解 (1) 应用三要素法求电容电压

电容初始值: $u_C(0_+) = u_C(0_-) = \frac{10}{10+10} \times 5 = 2.5V$

稳态值: $u_C(\infty) = 5V$

时间常数: $\tau_C = 0.1 \times 10 = 1s$
所以 $u_C(t) = (5 - 2.5e^{-t})V \quad t > 0$

(2) 应用三要素法求电感电流

初始值: $i_L(0_+) = i_L(0_-) = 1 + \frac{5}{10+10} = 1.25A$

稳态值: $i(\infty) = 1A$

时间常数: $\tau_L = \frac{1}{5}s$
所以 $i_L(t) = (1 + 0.25e^{-5t})A \quad t > 0$

$$u = u_C - \frac{di_L}{dt} = (5 - 2.5e^{-t} + 1.25e^{-5t})V \quad t > 0$$

2.12 在开关S 闭合前, 如图 2.12 所示电路已处于稳态, $t = 0$ 时开关闭合。求开关闭合后的电流 i_L 。

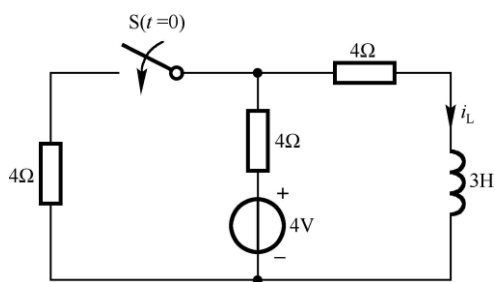


图 2.12 习题 2.12 电路图

解 (1) 应用三要素法求电感电流

$$\text{初始值: } i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{4}{4+4} = \frac{1}{2} \text{ A}$$

$$\text{稳态值: } i_L(\infty) = \frac{4}{4 + \frac{4 \times 4}{4+4}} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

$$\text{时间常数: } \tau_L = \frac{3}{4 + \frac{4 \times 4}{4+4}} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

$$\text{故得 } i_L(t) = \left(\frac{1}{3} + \frac{14}{6} e^{-2t} \right) \text{ A} \quad t > 0$$

第 3 章部分重点习题解答

3.9 求图 3.5 中电流表和电压表的读数。

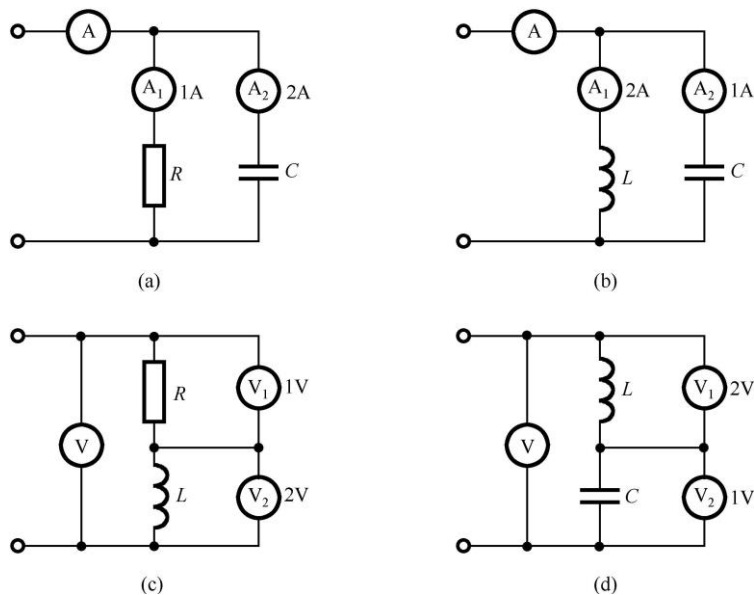


图 3.5 习题 3.9 电路图

解 (a) $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5} = 2.24 \text{ A}$

(b) $I = |I_1 - I_2| = 2 - 1 = 1 \text{ A}$

$$(c) \quad U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{5} = 2.24 \text{ V}$$

$$(d) \quad U = |U_1 - U_2| = 2 - 1 = 1 \text{ V}$$

3.17 利用支路电流法求图 3.12 中各支路电流。

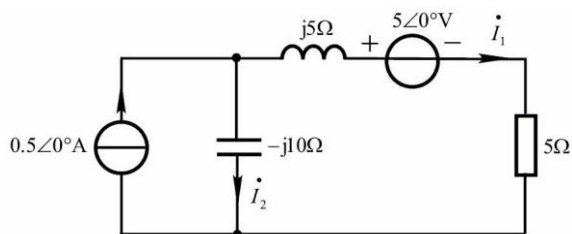


图 3.12 习题 3.17 电路图

解 列 KCL、KVL 方程为

$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 0.5 \\ (5 + j5)\dot{I}_1 + 5 + j10\dot{I}_2 = 0 \end{cases}$$

整理得

$$(5 - j5)\dot{I}_1 = -5 - j5$$

$$\dot{I}_1 = \frac{-5 - j5}{5 - j5} = 1 \angle -90^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = 0.5 - \dot{I}_1 = 0.5 + j = 1.12 \angle 63.46^\circ \text{ A}$$

3.18 用叠加原理计算图 3.13 中的电压 \dot{U} 。

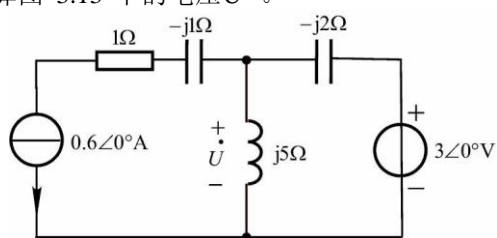


图 3.13 习题 3.18 电路图

解 电流源单独作用时

$$\dot{U}_1 = - \frac{(-j2) \times j5}{j5 - j2} \times 0.6 \angle 0^\circ = j2 \text{ V}$$

电压源单独作用时

$$\dot{U}_2 = \frac{j5}{j5 - j2} \times 3 \angle 0^\circ = 5 \text{ V}$$

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = 5 + j2 = 5.4 \angle 21.8^\circ \text{ V}$$

3.19 已知 $u_{s1} = 8\sqrt{2} \sin(4t) \text{ V}$ ， $u_{s2} = 3\sqrt{2} \sin(4t) \text{ V}$ ，试用戴维南定理求图 3.14 中的电流 i 。

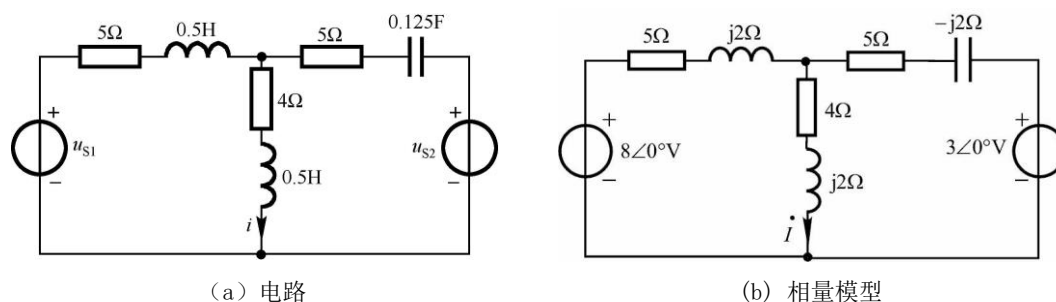


图 3.14 习题 3.19 电路图

解 将时域模型转化为相量模型如图 (b) 所示, 将 4Ω 与 $j2\Omega$ 串联支路断开, 求断开后的开路电压 \dot{U}_{oc} 及 Z_s

$$\dot{U}_{oc} = \frac{8 - 3}{5 + j2 + 5 - j2} \times (5 - j2) + 3 = 5.5 - j = 5.59 \angle -10.3^\circ \text{ V}$$

$$Z_s = \frac{(5 + j2)(5 - j2)}{5 + j2 + 5 - j2} = 2.9\Omega$$

$$\text{则 } \dot{I} = \frac{5.59 \angle -10.3^\circ}{2.9 + 4 + j2} = \frac{5.59 \angle -10.3^\circ}{7.18 \angle 16.16^\circ} = 0.78 \angle -26.46^\circ \text{ A}$$

$$i = 0.78\sqrt{2} \sin(4t - 26.46^\circ) \text{ A}$$

3.25 在下列各种情况下, 应分别采用哪种类型 (低通、高通、带通、带阻) 的滤波电路。

- (1) 希望抑制 50Hz 交流电源的干扰;
- (2) 希望抑制 500Hz 以下的信号;
- (3) 有用信号频率低于 500Hz;
- (4) 有用信号频率为 500Hz。

解 (1) 带阻 (2) 高通 (3) 低通 (4) 带通

3.29 图 3.21 是 RLC 串联电路, $u_s = 4\sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ V}$ 。求谐振频率、品质因数、谐振时的电流和电阻两端、电感及电容两端的电压。

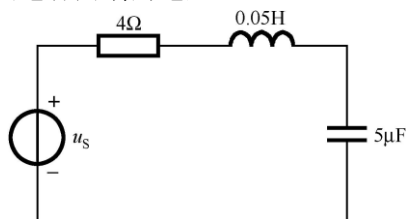


图 3.21 习题 3.29 电路图

$$\text{解 谐振频率 } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.05 \times 5 \times 10^{-6}}} = 2 \times 10^3 \text{ rad/s}$$

$$\text{品质因数 } Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2 \times 10^3 \times 0.05}{4} = 25$$

$$\text{谐振电流 } I_0 = \frac{U_s}{R} = \frac{4}{4} = 1 \text{ A}, \text{ 电阻两端的电压 } U_R = U_s = 4 \text{ V},$$

$$\text{电感及电容两端的电压 } U_L = U_C = QU_s = 25 \times 4 = 100 \text{ V}$$

第4章部分重点习题解答

4.5 设两输入信号为 $u_{i1}=40\text{mV}$, $u_{i2}=20\text{mV}$, 则差模电压 u_{id} 和共模电压 u_{ic} 为多少。若电压的差模放大倍数为 $A_{ud}=100$, 共模放大倍数为 $A_{uc}=-0.5$, 则总输出电压 u_o 为多少, 共模抑制比 K_{CMR} 是多少。

$$u_{id} = u_1 - u_{i2} = 20\text{mV} \quad u_{ic} = \frac{u_1 + u_2}{2} = 30\text{mV}$$

$$u_o = A_{ud}u_{id} + A_{uc}u_{ic} = 1.985\text{V}$$

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = 200$$

4.7 电路如图 4.2 所示, 求输出电压 u_o 与各输入电压的运算关系式。

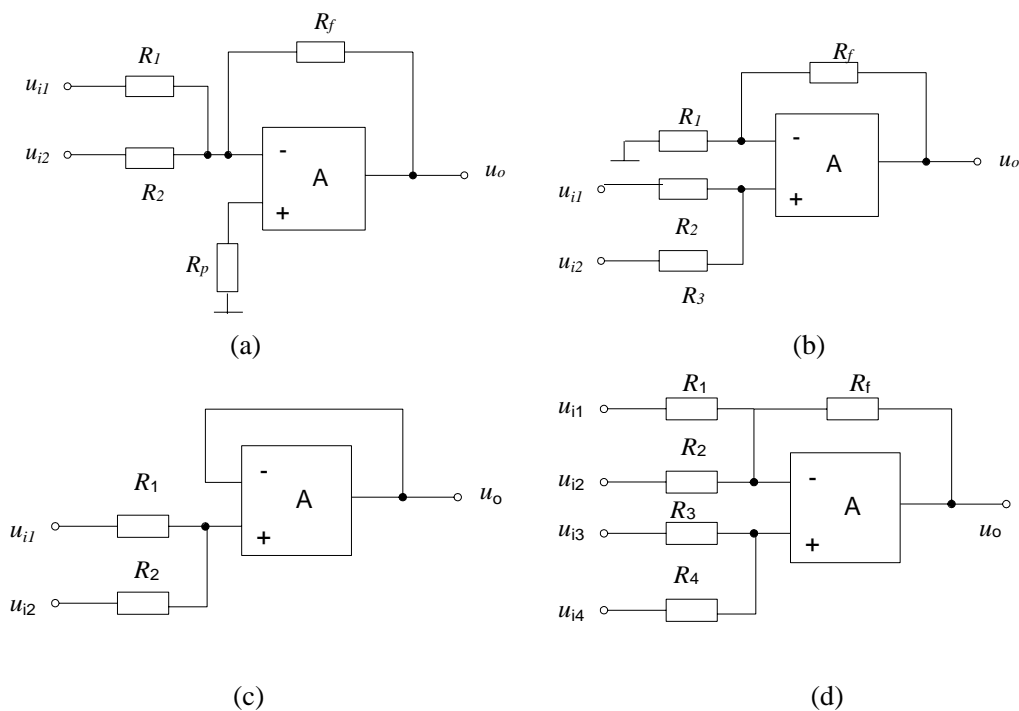


图 4.2 习题 4.7 电路图

$$(a) \quad u_o = -R_f \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right)$$

$$(b) \quad u_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} u_1 + \frac{R_2}{R_2 + R_3} u_{i2} \right)$$

$$(c) \quad u_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{i2}$$

$$(d) \quad u_o = -R_f \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right) + \left(1 + \frac{R_f}{R_1 // R_2} \right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} u_{i3} + \frac{R_3}{R_3 + R_4} u_{i4} \right)$$

4.8 电路如图 4.3 所示, 假设运放是理想的: (1) 写出输出电压 U_o 的表达式, 并求出 U_o 。

的值；(2) 说明运放 A_1 、 A_2 各组成何种基本运算电路。

A_1 反比例电路；

A_2 反相加法电路

$$u_d = -\frac{R_2}{R_1} u_{i1} = -10u_{i1}$$

$$u_o = -\frac{R_5}{R_3} u_{i2} - \frac{R_5}{R_4} u_{o1} = -5(u_{i2} + u_{o1}) = -5(u_{i2} - 10u_{i1}) = 7.5V$$

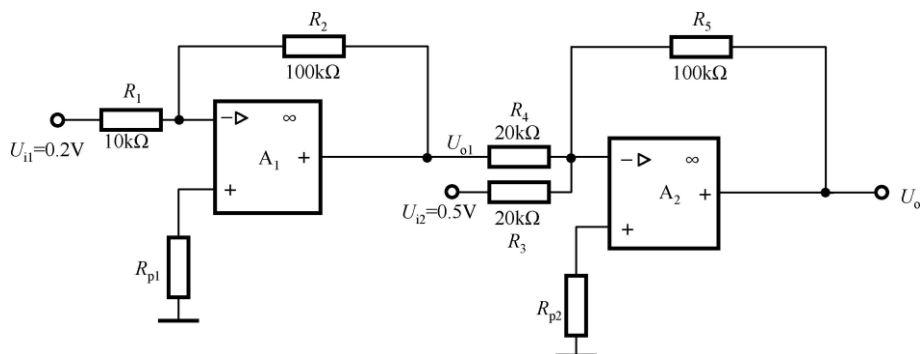


图 4.3 习题 4.8 电路图

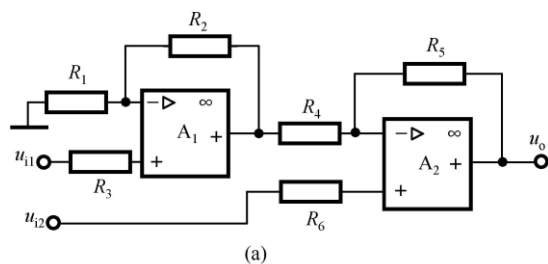
4.15 电路如图 4.8 所示，运放均为理想的，试求输出电压 u_o 的表达式。

(a) $u_{o1} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) u_{i1}$

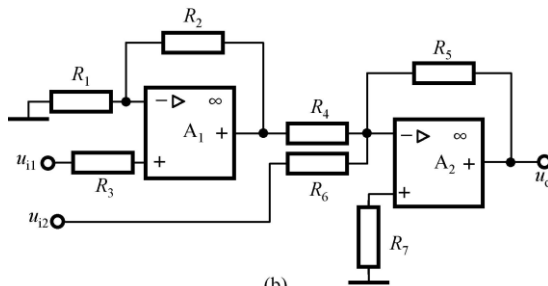
$$u_o = -\frac{R_5}{R_4} u_{o1} + (1 + \frac{R_5}{R_4}) u_{i2} = -(1 + \frac{R_2}{R_1}) \frac{R_5}{R_4} u_{i1} + (1 + \frac{R_5}{R_4}) u_{i2}$$

(b) $u_{o1} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) u_{i1}$

$$u_o = -\frac{R_5}{R_4} u_{o1} - \frac{R_5}{R_6} u_{i2} = -(1 + \frac{R_2}{R_1}) \frac{R_5}{R_4} u_{i1} - \frac{R_5}{R_6} u_{i2}$$



(a)



(b)

图 4.8 习题 4.15 电路图

4.21 电路如图 4.14 所示，运放为理想的，试求出电路的门限电压 U_{TH} ，并画出电压传输特性曲线。

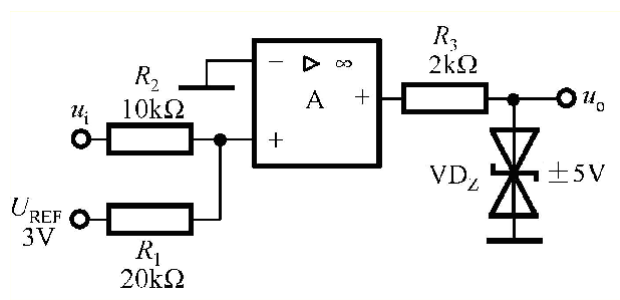


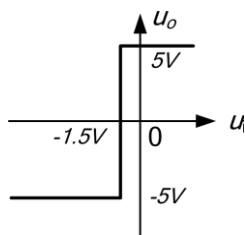
图 4.14 习题 4.21 电路图

$$\text{解: } u_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_i + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{REF} = \frac{2}{3} u_i + \frac{1}{3} U_{REF}$$

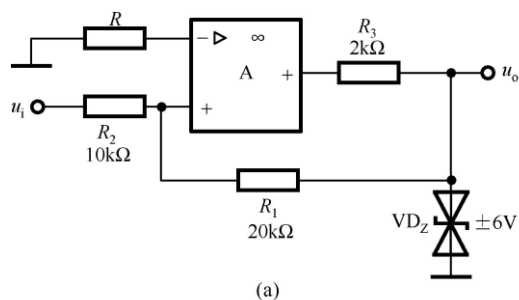
$$u_- = 0$$

输出状态翻转时， $u_+ = u_-$ ， $u_i = U_{TH}$

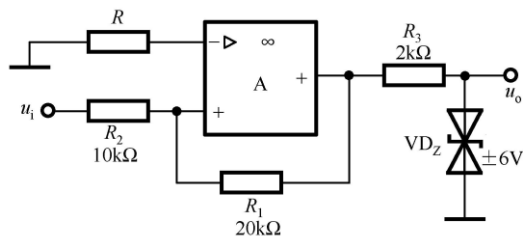
$$\therefore U_{TH} = -1.5V$$



4.22 电路如图 4.15 所示，已知运放最大输出电压 $U_{om} = \pm 12V$ ，试求出两电路的门限电压 U_{TH} ，并画出电压传输特性曲线。



(a)



(b)

图 4.15 习题 4.22 电路图

$$(a) \quad u_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{TH} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_o = \frac{2}{3} U_{TH} + \frac{1}{3} u_o$$

$$u_o = \pm 6V$$

输出状态翻转时, $u_+ = u_- = 0$

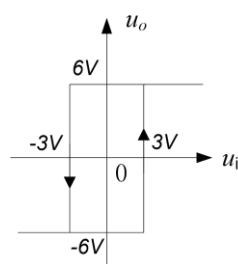
$$\therefore U_{TH} = \pm 3V$$

$$(b) \quad u_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{TH} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_o = \frac{2}{3} U_{TH} + \frac{1}{3} u_o$$

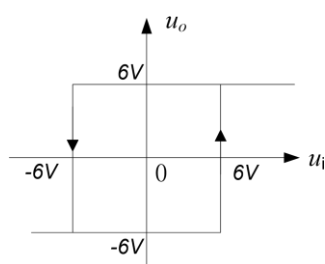
$$U_{om} = \pm 12V$$

输出状态翻转时, $u_+ = u_- = 0$

$$\therefore U_{TH} = \pm 6V$$



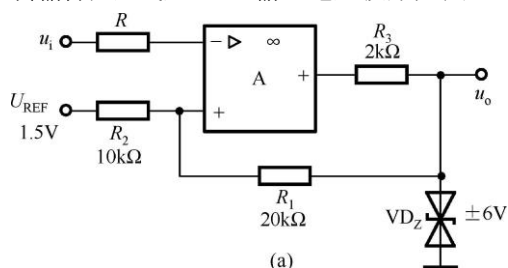
(a) 电压传输特性曲线



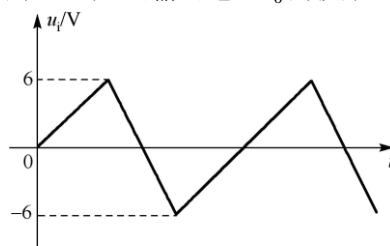
(b) 电压传输特性曲线

(b)

4.23 电路如图 4.16(a)所示, 运放是理想的: (1) 试求电路的门限电压 U_{TH} , 并画出电压传输特性曲线; (2) 输入电压波形如图 4.16(b)所示, 试画出输出电压 u_o 的波形。



(a)



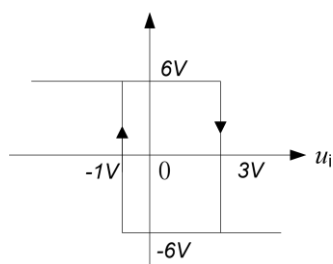
(b)

图 4.16 习题 4.23 电路图

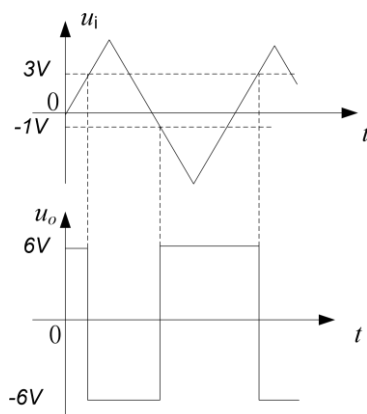
$$u_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{REF} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_o = \frac{2}{3} U_{REF} + \frac{1}{3} u_o$$

$$u_+ = u_- = u_i = U_{TH}, \quad u_o = \pm 6V$$

$$\therefore U_{TH+} = 3V, \quad U_{TH-} = -1V$$



(a) 电压传输特性曲线



(b) 电压输出波形

4.24 电路如图 4.17 所示，已知运放为理想的，运放最大输出电压 $U_{om} = \pm 15V$ ：(1) A_1 、 A_2 、和 A_3 各组成何种基本电路；(2) 若 $u_i = 5\sin\omega$ (V)，试画出与之对应的 u_{o1} 、 u_{o2} 和 u_o 的波形。

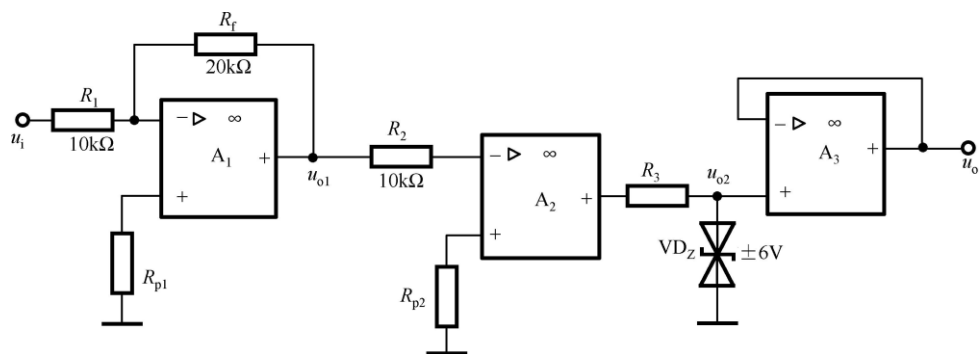
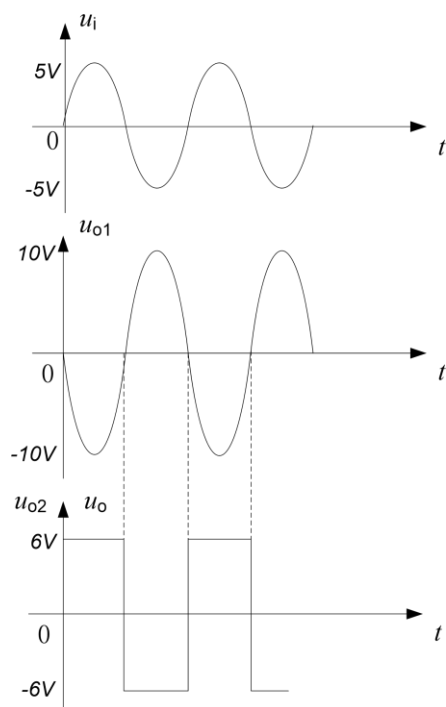


图 4.17 习题 4.24 电路图

- (1) A_1 反相比例放大电路， A_2 简单电压比较器， A_3 电压跟随器
(2)



各点电压输出波形图

第 5 章部分重点习题解答

5.3 分析判断图 5.3 所示各电路中二极管是导通还是截止，并计算电压 U_{ab} ，设图中的二极管都是理想的。

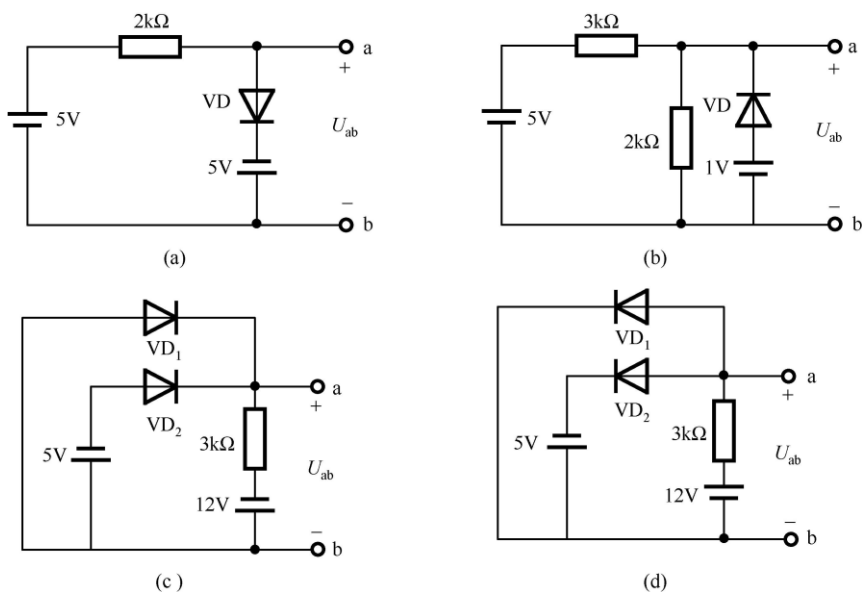


图 5.3 习题 5.3 电路图

解 (a) 断开 VD, $U_D = 5 + 5 = 10V > 0$, VD 导通, $U_{ab} = -5V$;

- (b) 断开 VD, $U_D = 1 - \frac{2}{2+3} \times 5 = -1V$, VD 截止 $U_{ab} = \frac{2}{2+3} \times 5 = 2V$;
- (c) 断开 VD₁ VD₂, $U_{D1} = 12V, U_{D2} = -5 + 12 = 7V$, 所以 VD₁ 优先导通, $U_{D2} = -5V$, VD₂ 截止, $U_{ab} = 0V$;
- (d) 断开 VD₁ VD₂, $U_{D1} = 12V, U_{D2} = 12 + 5 = 17V$ 所以 VD₂ 优先导通, $U_{D1} = -5V$ VD₁ 截止, $U_{ab} = -5V$

5.5 二极管电路如图 5.4(a)所示, 设输入电压 $u_i(t)$ 波形如图 5.4(b)所示, 在 $0 < t < 5ms$ 的时间间隔内, 试绘出输出电压 $u_o(t)$ 的波形, 设二极管是理想的。

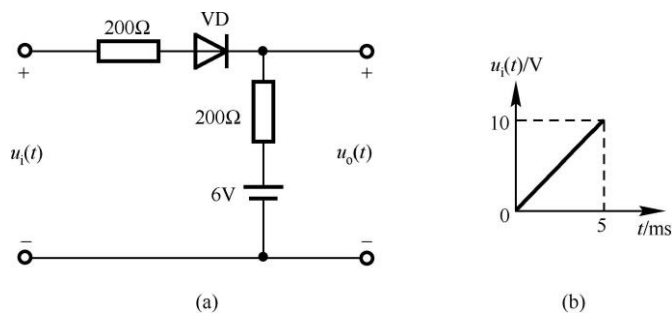
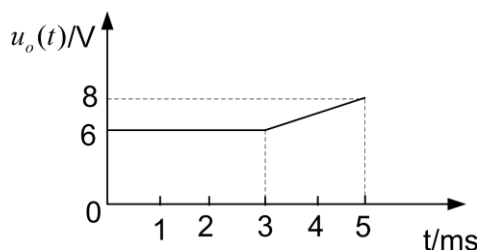


图 5.4 习题 5.5 电路图

解: $u_i(t) = 2t$, 断开 VD,

$$u_D = u_i - 6, \text{ 当 } u_D > 0 \text{ 时, VD 导通, 即 } t > 3s, u_o = \frac{u_i - 6}{0.2 + 0.2} \times 0.2 + 6 = 3 + t$$

当 $u_D < 0$ 时, VD 截止, 即 $t < 3s$, $u_o = 6V$



5.7 在图 5.6 所示电路中, 设二极管为理想的, 输入电压 $u_i = 10\sin\omega t(V)$, 试分别画出输出电压 u_o 的波形, 并标出幅值。

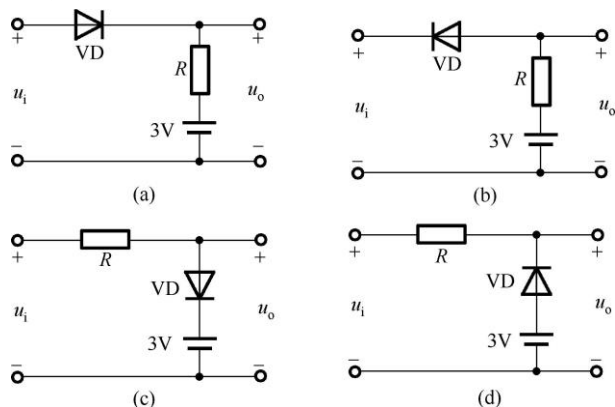
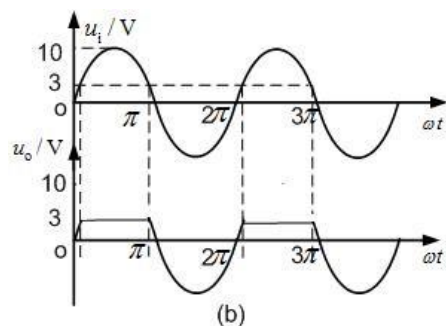
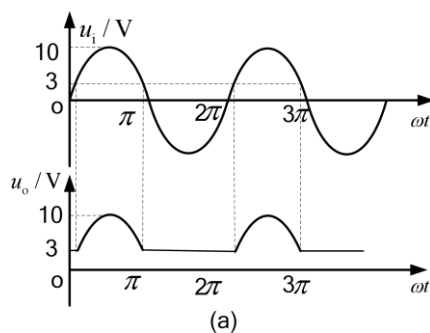


图 5.6 习题 5.7 电路图

- 解 (a) 断开 VD, $u_D = u_i - 3$ $\begin{cases} > 0, \text{VD 导通, 即 } u_i > 3\text{V}, u_o = u_i \\ < 0, \text{VD 截止, 即 } u_i < 3\text{V}, u_o = 3\text{V} \end{cases}$
- (b) 断开 VD, $u_D = 3 - u_i$ $\begin{cases} > 0, \text{VD 导通, 即 } u_i < 3\text{V}, u_o = u_i \\ < 0, \text{VD 截止, 即 } u_i > 3\text{V}, u_o = 3\text{V} \end{cases}$
- (c) 断开 VD, $u_D = u_i - 3$ $\begin{cases} > 0, \text{VD 导通, 即 } u_i > 3\text{V}, u_o = 3\text{V} \\ < 0, \text{VD 截止, 即 } u_i < 3\text{V}, u_o = u_i \end{cases}$ 图同 (b)
- (d) 断开 VD, $u_D = 3 - u_i$ $\begin{cases} > 0, \text{VD 导通, 即 } u_i < 3\text{V}, u_o = 3\text{V} \\ < 0, \text{VD 截止, 即 } u_i > 3\text{V}, u_o = u_i \end{cases}$ 图同 (a)



5.8 图 5.7 所示电路中, 设二极管为理想的, $u_i = 6\sin\omega t(\text{V})$, 试画出输出电压 u_o 的波形以及电压传输特性。

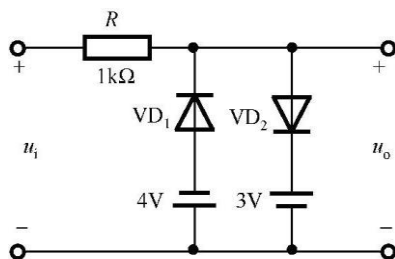


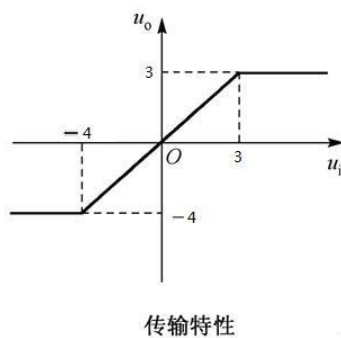
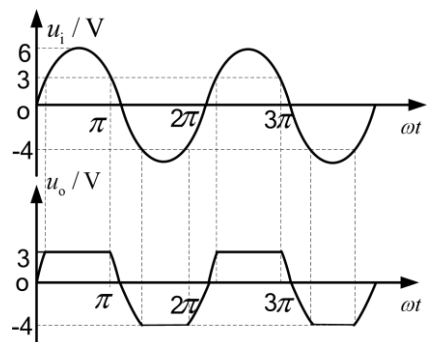
图 5.7 习题 5.8 电路图

解: 断开 VD_1 VD_2 , $u_{D1} = 4 - u_i, u_{D2} = u_i - 3$

所以 $u_i > 3\text{V}$ 时, $u_{D1} < 0$, $u_{D2} > 0$ VD_1 截止, VD_2 导通, $u_o = 3\text{V}$

$-4\text{V} < u_i < 3\text{V}$ 时, $u_{D1} < 0$, $u_{D2} < 0$ VD_1 、 VD_2 均截止, $u_o = u_i$

$u_i < -4\text{V}$ 时, $u_{D1} > 0$, $u_{D2} < 0$ VD_1 导通, VD_2 截止, $u_o = -4\text{V}$



传输特性

5.9 图 5.8 所示电路中, 设二极管是理想的, 求图中标记的电压和电流值。

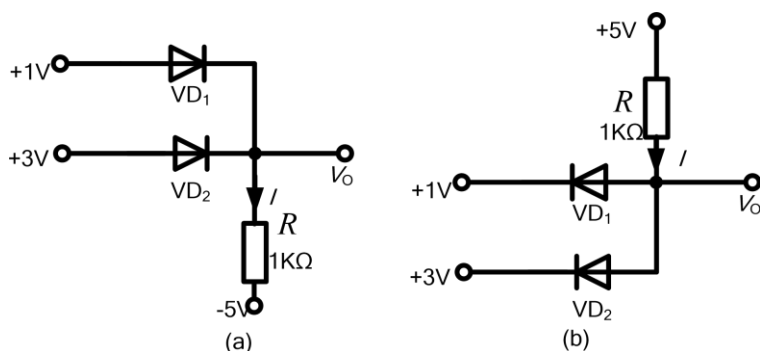


图 5.8 习题 5.9 电路图

解: (a) 高电平选择电路, VD_1 截止, VD_2 导通,

$$V_o = 3V, I = \frac{V_o - (-5)}{R} = \frac{3 - (-5)}{1} = 8mA$$

 (b) 低电平选择电路, VD_1 导通, VD_2 截止,

$$V_o = 1V, I = \frac{5 - V_o}{R} = \frac{5 - 1}{1} = 4mA$$

5.13 已知稳压管的稳压值 $U_Z = 6V$, 稳定电流的最小值 $I_{Zmin} = 4mA$ 。求图 5.11 所示电路中 U_{O1} 和 U_{O2} 。

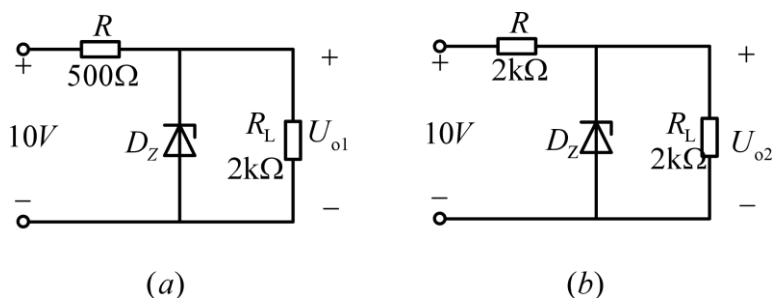


图 5.11 习题 5.13 电路图

解 (a) 断开 D_z , $U_{DZ} = \frac{R_L}{R+R_L} \times 10 = 8(V) > U_Z$
 假设 D_z 稳压, $I_Z = \frac{10 - U_Z}{R} - \frac{U_Z}{R_L} = 8 - 3 = 5(mA) > I_{Zmin}$, 所以 D_z 处于稳压状态, $U_{O1} = 6(V)$
 (b) 断开 D_z , $U_{DZ} = \frac{R_L}{R+R_L} \times 10 = 5(V) < U_Z$
 所以 D_z 处于截止状态, $U_{O2} = 5(V)$

5.17 电路如图 5.14 所示, 三端集成稳压器静态电流 $I_w = 6mA$, R_w 为电位器, 为了得到 10V 的输出电压, 试问应将 R'_w 调到多大?

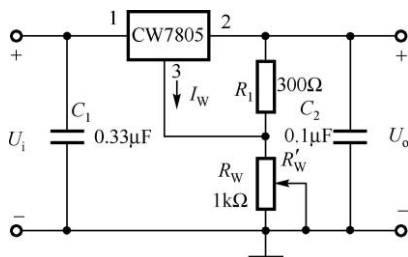


图 5.14 习题 5.17 电路图

$$\text{解: } U_o = U_{23} + \left(\frac{U_{23}}{R_1} + I_W \right) \times R'_W = 5 + \left(\frac{5}{0.3} + 6 \right) \times R'_W = 10V$$

所以 $R'_W = 220(\Omega)$

第 6 章部分重点习题解答

6.2 有两只工作于放大状态的晶体管，它们两个管脚的电流大小和实际流向如图 6.2 所示。求另一管脚的电流大小，判断管子是 NPN 型还是 PNP 型，三个管脚各是什么电极；并求它们的 β 值。

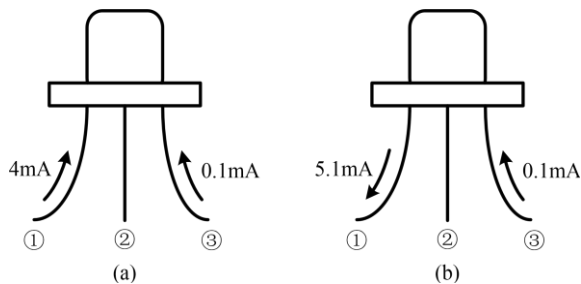


图 6.2 习题 6.2 图

解: (a) ①-e ②-b ③-c NPN $I_E = I_B + I_C = 4 + 0.1 = 4.1(\text{mA})$ $\beta = 4/0.1 = 40$
 (b) ①-e ②-c ③-b NPN $I_C = I_E - I_B = 5.1 - 0.1 = 5(\text{mA})$ $\beta = 5/0.1 = 50$

6.4 测得某放大电路中晶体三极管各极直流电位如图 6.4 所示，判断晶体管三极管的类型（NPN 或 PNP）及三个电极，并分别说明它们是硅管还是锗管。

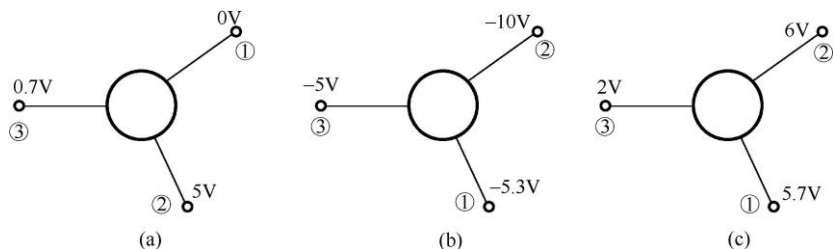


图 6.4 习题 6.4 图

解: (a) ①-e ②-c ③-b 硅 NPN, (b) ①-b ②-c ③-e 锗 PNP
 (c) ①-b ②-e ③-c 锗 PNP

6.5 用万用表直流电压挡测得晶体三极管的各极对地电位如图 6.5 所示, 判断这些晶体管分别处于哪种工作状态(饱和、放大、截止或已损坏)。

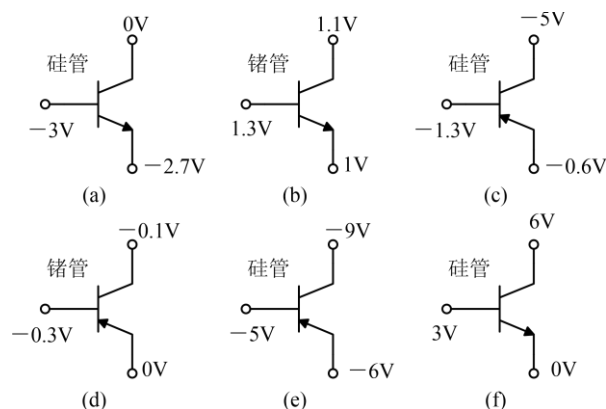


图 6.5 习题 6.5 图

解: (a) 截止 (b) 饱和 (c) 放大 (d) 饱和 (e) 截止 (f) 损坏

6.7 图 6.6 所示电路对正弦信号是否有放大作用? 如果没有放大作用, 则说明理由并将错误加以改正(设电容的容抗可以忽略)。

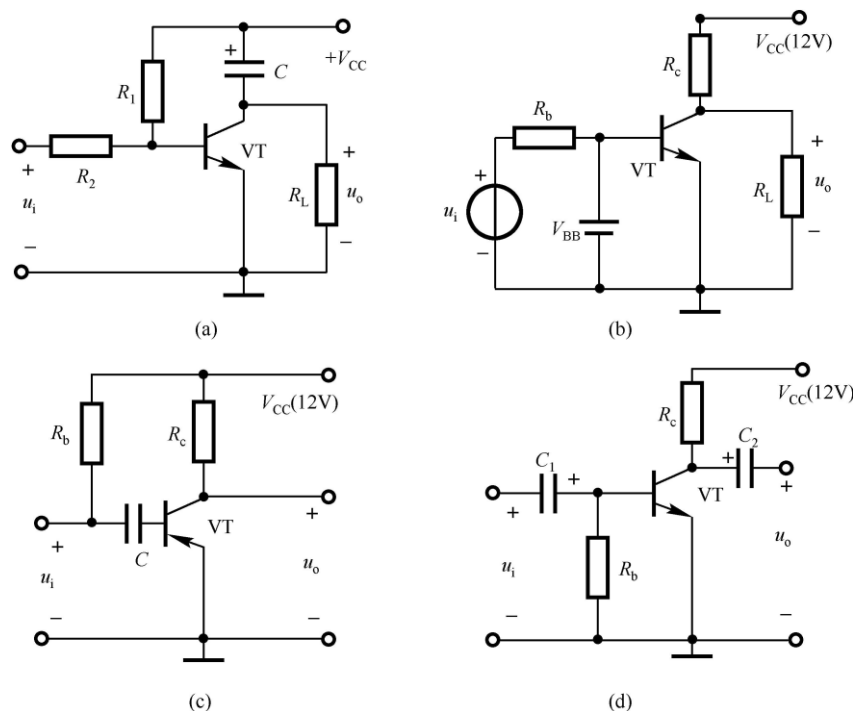


图 6.6 习题 6.7 电路图

解: (a) 无放大作用。电容 C 使得集电结反偏不成立。应将电容 C 改为阻值合适的电阻。
 (b) 无放大作用。 V_{BB} 使得交流输入信号无法加到三极管上。应在此支路串联一阻值合适的电阻。
 (c) 无放大作用。PNP 三极管要求 $V_C < V_B < V_E$, 同时电容 C 使得发射结正偏不成立。应将 V_{CC} 的 +12V 改为 -12V, 同时将电容 C 取消。
 (d) 无放大作用。发射极正偏不成立。将电阻 R_b 接地那一端改为接到 V_{CC} 。

6.10 图 6.8 所示为放大电路的直流通路，晶体管均为硅管，判断它的静态工作点位于哪个区（放大区、饱和区、截止区）。

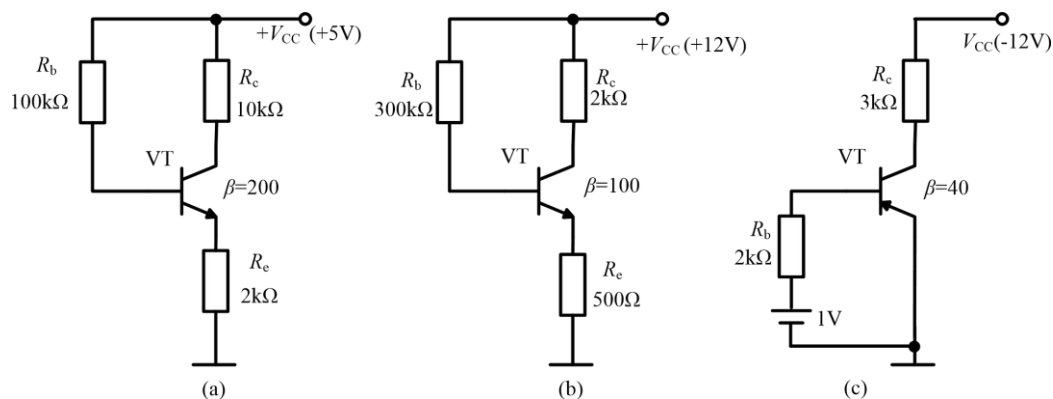


图 6.8 习题 6.10 电路图

解：(a) 发射结正偏导通， $I_{BQ} = \frac{5 - 0.7}{100 + 201 \times 2} = 8.57(\mu A)$

假设处于放大区

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 1.71(mA), U_{CEQ} = 5 - I_{CQ}(R_c + R_e) = -15.56(V)$$

\therefore 假设错误，三极管处于饱和区。

(b) 发射结正偏导通， $I_{BQ} = \frac{12 - 0.7}{300 + 101 \times 0.5} = 32.2(\mu A)$

假设处于放大区， $I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 3.22(mA)$

$$U_{CEQ} = 12 - 3.22 \times (2 + 0.5) = 3.95(V), \therefore \text{假设成立，三极管处于放大区。}$$

(c) 发射结反偏截止，所以三极管处于截止区。

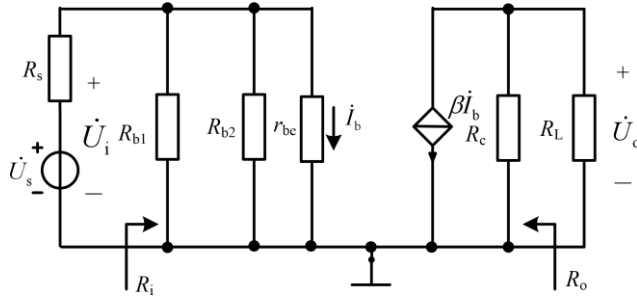
6.16 基本放大电路如图 6.13 所示。设所有电容对交流均视为短路， $U_{BEQ} = 0.7V$ ， $\beta = 100$ 。 $U_{CES} = 0.5V$ (1) 估算电路的静态工作点 (I_{CQ} , U_{CEQ})；(2) 求电路的输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o ；(3) 求电路的电压放大倍数 A_u 和源电压放大倍数 A_{us} ；(4) 求不失真的最大输出电压 U_{omax} 。

$$\text{解：(1) } V_{BQ} = \frac{30}{30 + 60} \times 12 = 4(V)$$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{4 - 0.7}{2} = 1.65(mA)$$

$$U_{CEQ} = 12 - 1.65 \times (2 + 2) = 5.4(V)$$

$$(2) r_{be} = 300 + 101 \times \frac{26}{1.65} = 1.89(k\Omega)$$



$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} = 1.73(\text{k}\Omega) \quad R_o = R_c = 2(\text{k}\Omega)$$

$$(3) \quad A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta R'_L}{I_{b'be}} = -\frac{\beta \cdot R'_L}{r_{be}} = -\frac{100 \times 2 // 4}{1.89} = -70.55$$

$$A_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_u = -68.73$$

$$(4) \quad U_{o \max} = \min\{U_F, U_R\} = \min\{U_{CEQ} - U_{CES}, I_{CQ} \cdot R'_L\} \\ = \min\{5.4 - 0.5, 1.65 \times 2 // 4\} = 2.2(\text{V})$$

6.17 放大电路如图 6.14 所示，设所有电容对交流均视为短路。已知 $U_{BEQ} = 0.7\text{V}$ ， $\beta = 100$ 。

(1) 估算静态工作点 (I_{CQ} , U_{CEQ})；(2) 画出小信号等效电路图；(3) 求放大电路输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o ；(4) 计算交流电压放大倍数 A_u 源电压放大倍数 A_{us} 。

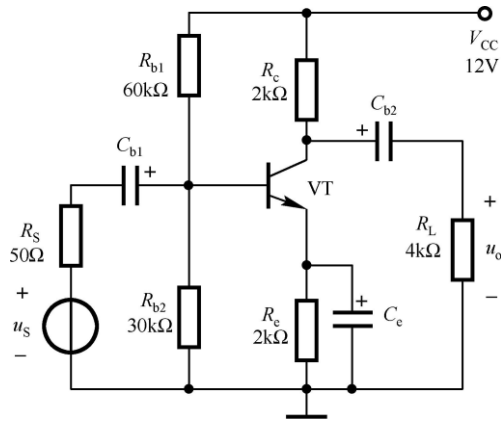


图 6.13 习题 6.16 电路图

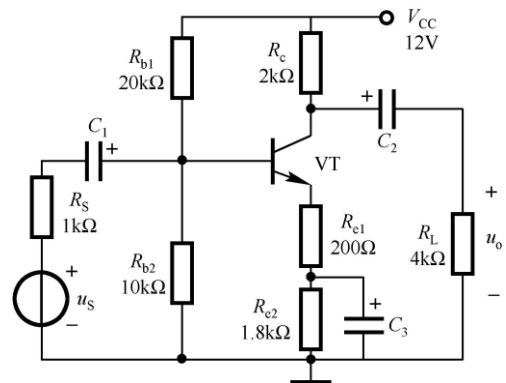


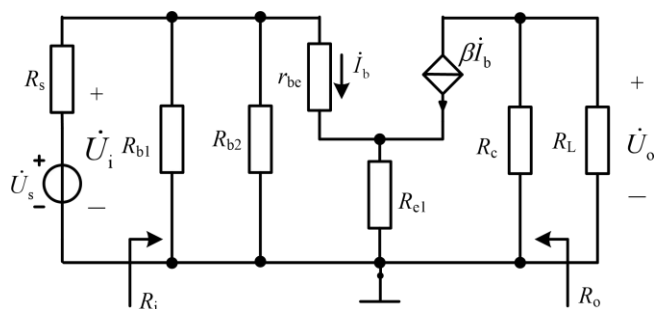
图 6.14 习题 6.17 电路图

$$\text{解: (1) } V_{BQ} = \frac{10}{10 + 20} \times 12 = 4(\text{V})$$

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{4 - 0.7}{1.8 + 0.2} = 1.65(\text{mA})$$

$$U_{CEQ} = 12 - 1.65 \times (2 + 1.8 + 0.2) = 5.4(\text{V})$$

$$(2) r_{be} = 300 + 101 \times \frac{26}{1.65} = 1.89(\text{k}\Omega)$$



$$(3) R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}] = 5.12(\text{k}\Omega) \quad R_o = R_c = 2(\text{k}\Omega)$$

$$(4) A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-\beta R // R_L}{r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}} = -\frac{\beta \cdot R'_L}{r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}} = -\frac{100 \times 2 // 4}{1.89 + 101 \times 0.2} = -6.04$$

$$A_{us} = \frac{R_i}{R_i + R_s} A_u = -5.05$$

6.21 电路如图 6.18 所示, 设所有电容对交流均视为短路, $U_{BEQ} = -0.7\text{V}$, $\beta = 50$ 。试求该电路的静态工作点 Q 、 A_u 、 R_i 和 R_o 。

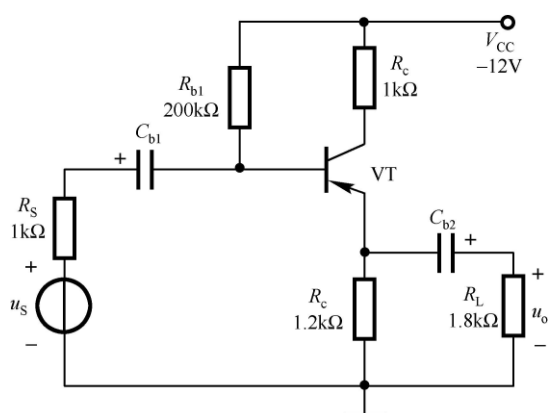
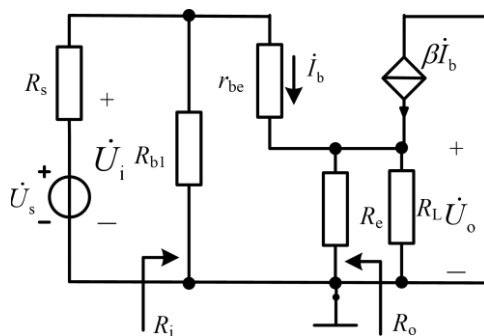


图 6.18 习题 6.21 电路图

$$\text{解: (1) } I_{BQ} = \frac{12 - 0.7}{200 + 1.2 \times 51} = 43.3(\mu\text{A}) \quad I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 2.16(\text{mA})$$

$$U_{CEQ} = -12 + 2.16 \times (1 + 1.2) = -7.24(\text{V})$$

$$(2) r_{be} = 300 + 51 \times \frac{26}{2.16} = 0.914(\text{k}\Omega)$$



$$(3) R_i = R_{b1} // [r_{be} + (1 + \beta)R_e // R_L] = 31.7(\text{k}\Omega)$$

$$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R_{b1} // R_s}{1 + \beta} = 36.3(\Omega)$$

$$(4) A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{(1 + \beta)I_b R_e // R_L}{I_b [r_{be} + (1 + \beta)R_e // R_L]} = \frac{(1 + \beta) \cdot R'_L}{r_{be} + (1 + \beta)R'_L}$$

$$= \frac{51 \times 1.2 // 1.8}{0.914 + 51 \times 1.2 // 1.8} = 0.98$$

第9章部分重点习题解答

9.2 某放大电路的信号源内阻很小，为了稳定输出电压，应当引入什么类型的负反馈？ 解：应该引入电压串联负反馈

9.4 要求得到一个电流控制的电流源，应当引入什么负反馈？ 解：应该引入电流并联负反馈

9.5 在图 9.1 所示的各电路中，请指明反馈网络是由哪些元件组成的，判断引入的是正反馈还是负反馈？是直流反馈还是交流反馈？设所有电容对交流信号可视为短路。

解：（a） R_e 、 C_e ，直流电流串联负反馈；

（b） R_f 交、直流电压并联负反馈；

（c） R_{f1} 、 R_{f2} 、 C ，直流电压并联负反馈； R_{e1} 级间交、直流电流串联负反馈， R_{e2} 本级交、直流电流串联负反馈；

（d） R_f 、 R_{e2} 级间交、直流电流并联正反馈；

（e） R_1 、 R_2 、 R_f 交、直流电压并联负反馈；

（f） R_2 、 R_5 本级的交、直流电压并联负反馈； R_6 级间交、直流电流串联负反馈；

(g) R_1 、 R_f 交、直流电压串联正反馈；

(h) R_3 交、直流电流并联负反馈

9.6 试判断图 9.1 所示电路的级间交流反馈的组态。

解 (a) 无交流负反馈

(b) R_f 交流电压并联负反馈；

(c) R_{e1} 级间交流电流串联负反馈；

(d) R_f 、 R_{e2} 级间交流电流并联正反馈；

(e) R_2 、 R_f 交流电压并联负反馈；

(f) R_6 级间交流电流串联负反馈；

(g) R_1 、 R_f 交流电压串联正反馈；

(h) R_3 交流电流并联负反馈

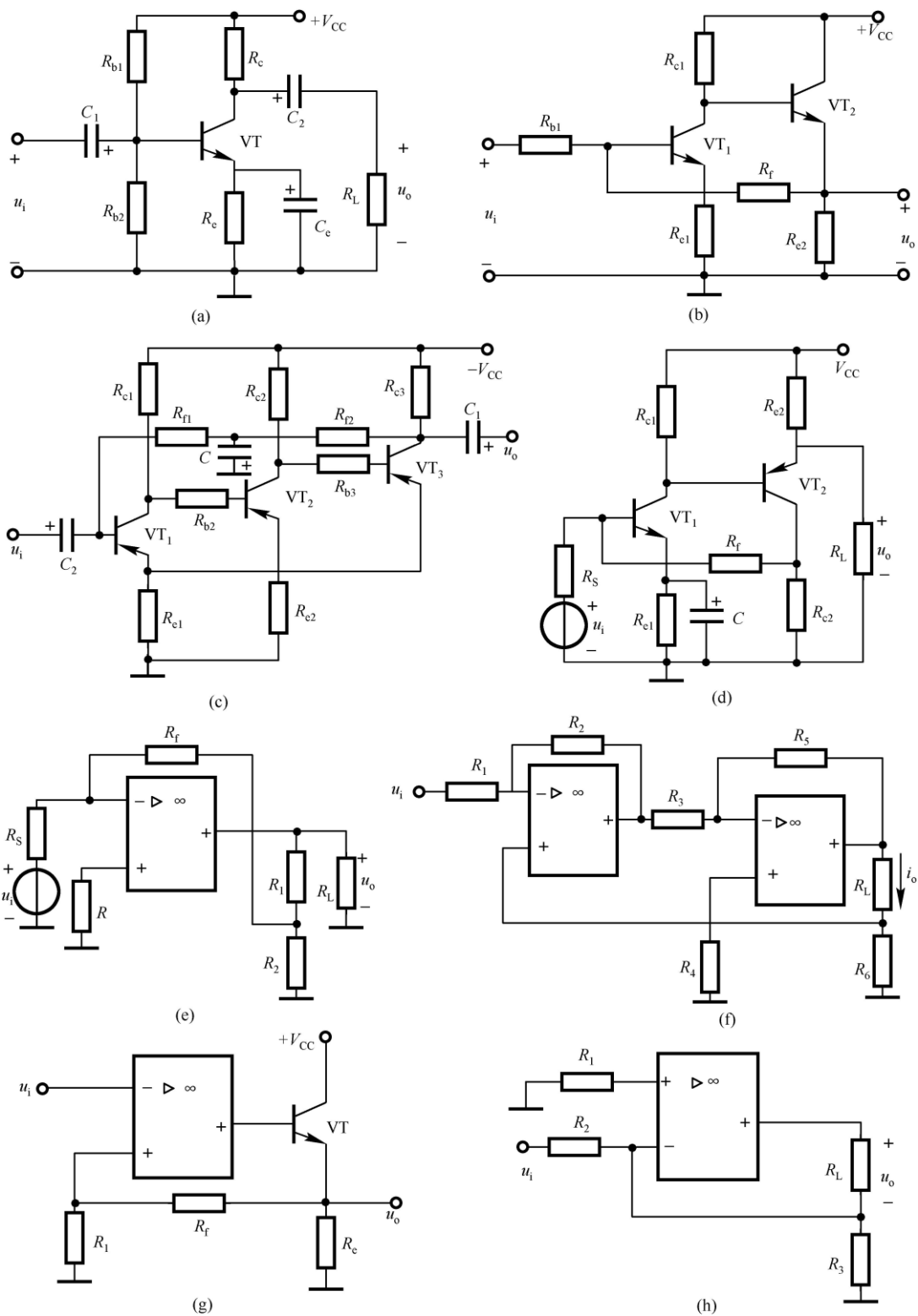


图 9.1 习题 9.5 电路图

9.11 为了减小从电压信号源索取的电流并增加带负载的能力，应该引入什么类型的反馈？

解：引入电压串联负反馈

9.15 判断图 9.4 所示电路的反馈类型和性质，并说明电路的特点。

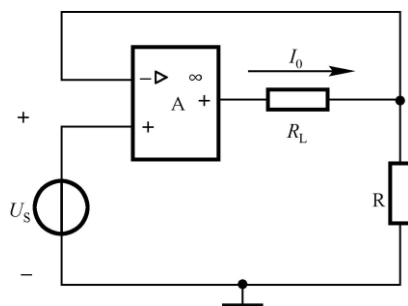


图 9.4 习题 9.15 电路图

解：电流串联负反馈

电流反馈会稳定输出电流，增大输出电阻；串联反馈使输入电阻增大，该电路将输入电压转换为稳定的输出电流，是一个压控的电流源。

综合必刷题

一、填空题

- 1、外电路
- 2、 $n-1$ $b-(n-1)$;
- 3、电压控制的电压源 电压控制的电流源 电流控制的电压源 电流控制的电流源;
- 4、第一空： 6W; 第二空： 吸收; 第三空： -2W; 第四空： 提供;
- 5、-2;
- 6、第一空： 0.4; 第二空： 12.5;
- 7、第一空： 0.2;
- 8、第一空： 31.85; 第二空： 10;
- 9、第一空： 2.24;
- 10、第一空： 4.3V;
- 11、第一空： 25 μ A; 第二空： 3.025mA;
- 12、第一空： 电流串联; 第二空： 电压并联

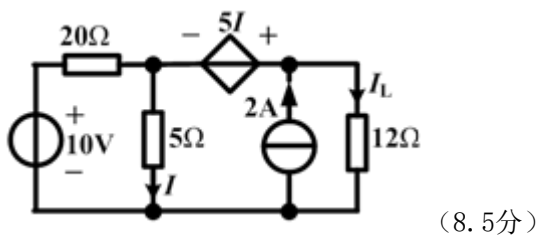
二、单选题

- 1、B
- 2、B
- 3、A
- 4、C
- 5、B
- 6、C
- 7、D
- 8、C
- 9、A
- 10、C
- 11、A
- 12、C
- 13、B
- 14、C
- 15、B

- 16、D
17、D
18、B
19、D
20、B
21、D
22、D

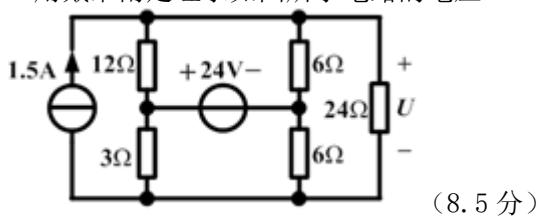
三、简答题

1.求如图所示电路的电流 I_L 。



解: $I_L=1A$

2.用戴维南定理求如图所示电路的电压 U 。



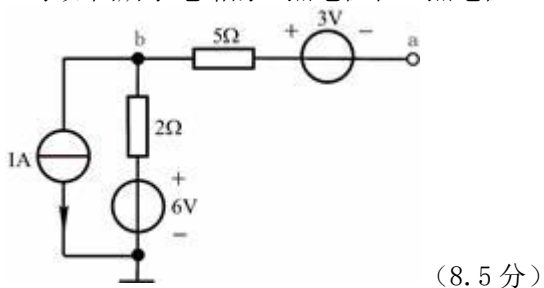
解:断开待求支路,根据叠加原理,求得

$$U_{oc}=1V$$

$$R_0=12//6+3//6=6\Omega$$

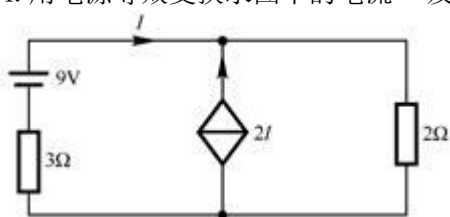
$$U = \frac{24}{R_0 + 24} \times U_{oc} = \frac{4}{5} = 0.8(V)$$

3.求如图所示电路的a点电位和b点电位。



解: $V_b = 6 - 2 \times 1 = 4V$; $V_a = -3 + V_b = 1V$

4. 用电源等效变换求图中的电流 I 及电压源功率。



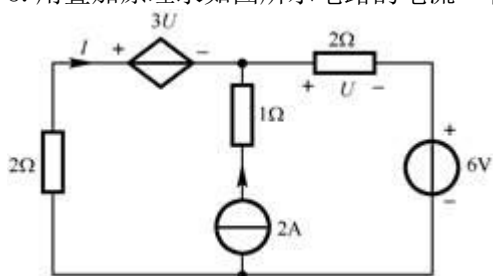
(8.5分)

解: $4I + (2 + 3)I = 9$

$I = 1\text{A}$

$P = -9 \cdot I = -9\text{W}$ (产生), 所以电压源产生功率 9W 。

5. 用叠加原理求如图所示电路的电流 I 和电压 U 。



(8.5分)

解: 2A 电流源单独作用:

$$\begin{cases} 3U' + U' + 2 \cdot I' = 0 \\ U' = 2 \times (2 + I') \end{cases}$$

解得 $U' = 0.8\text{V}$; $I' = -1.6\text{A}$

6V 电压源单独作用:

$$\begin{cases} 3U'' + U'' + 6 + 2 \cdot I'' = 0 \\ U'' = 2 \cdot I'' \end{cases}$$

解得 $U'' = -1.2\text{V}$

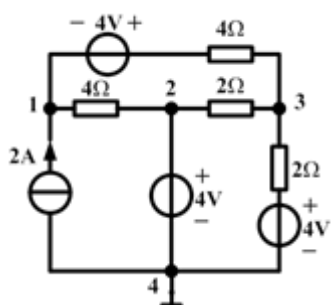
$I'' = -0.6\text{A}$

由叠加原理得

$U = U' + U'' = -0.4\text{V}$

$I = I' + I'' = -2.2\text{A}$

6. 计算图中电路的节点电位 V_1 和 V_3 。



(8.5分)

解: 对节点 1:

$$\frac{V_1 - 4}{4} + \frac{V_1 - V_3}{4} + 1 - 2 = 0$$

对节点 3:

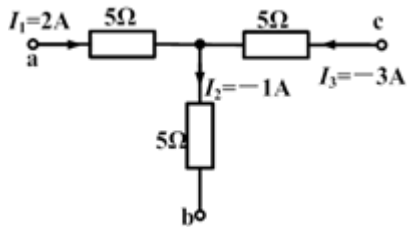
$$\frac{V_3 - V_1}{4} + \frac{V_3 - 4}{2} + \frac{V_3}{2} - 1 - 2 = 0$$

解得：

$$V_1 = 6.67 \text{ (V)}$$

$$V_3 = 5.33 \text{ (V)}$$

7. 求如图所示电路中 U_{ab} 、 U_{bc} 和 U_{ca} 。



(9.0分)

$$\text{解: } U_{ab} = 5I_1 + 5I_2$$

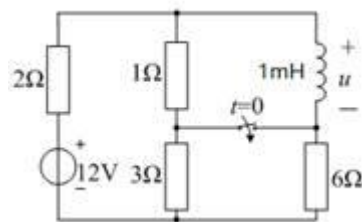
$$= 5 \times 2 + 5 \times (-1) = 5 \text{ V}$$

$$U_{bc} = -5I_2 - 5I_3$$

$$= -5 \times (-1) - 5 \times (-3) = 20 \text{ V}$$

$$U_{ca} = 5I_3 - 5I_1 = 5 \times (-3) - 5 \times 2 = -25 \text{ V}$$

8. 已知电路如图所示, 开关闭合前电路已处于稳态。 $t=0$ 时开关闭合, 求 $t>0$ 时的 $u(t)$ 。



(8.0分)

解: 根据三要素公式, 电感的初始值: $i_L(0^-) = [12 / (2 + 2.4)] \times 4 / (4 + 6) = 12/11 \text{ A}$

由换路定则可知: $i_L(0^+) = 12/11 \text{ A}$

稳态值: $i_L(\infty) = 12 / (2 + 2) = 3 \text{ A}$

$$R = \frac{2 \times 2}{2 + 2 + 1} = \frac{4}{5} \Omega$$

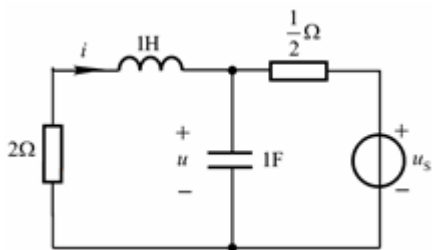
时间常数: $\tau = L/R = 5/4 = 1.25 \text{ ms}$

由此可得

$$i(t) = 3 - \frac{21}{11} e^{-800t} \text{ A}$$

$$u = u_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = \frac{84}{55} e^{-800t} \text{ V}$$

9. 如图所示电路中, 已知 $u_s = -4\sqrt{2} \cos t (\text{V})$, 求 i 、 u 及电压源提供的有功功率。



(8.0分)

解: 将时域模型转化为相量模型

用有效值相量计算, $u_s \leftrightarrow \dot{U}_s = 4\angle -90^\circ \text{V}$,

$$Z = \frac{1}{2} + \frac{(2+j)(-j)}{2+j-j} = (1-j) = \sqrt{2}\angle -45^\circ \Omega$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_s}{Z} = \frac{4\angle -90^\circ}{\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 2\sqrt{2}\angle -45^\circ \text{A}$$

$$\dot{I} = -\frac{-j}{2+j-j} \dot{I}_1 = \sqrt{2}\angle 45^\circ \text{A}$$

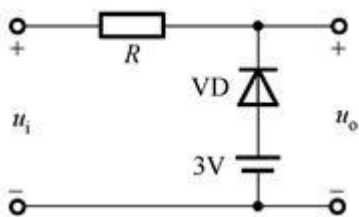
$$i = 2 \sin(t + 45^\circ) \text{A}$$

$$\dot{U} = -j(\dot{I} + \dot{I}_1) = -1 - j3 = 3.16\angle -108.4^\circ \text{V}$$

$$u = 3.16\sqrt{2} \sin(t - 108.4^\circ) \text{V}$$

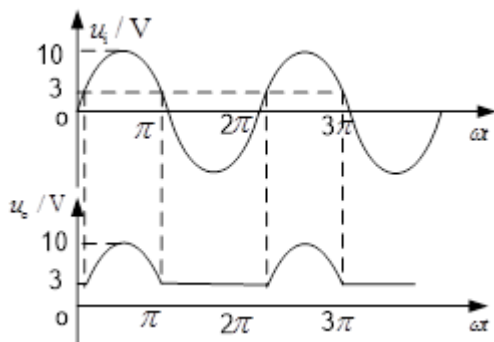
$$P = U_s I_1 \cos(-90^\circ + 45^\circ) = 4 \times 2\sqrt{2} \times \cos(-45^\circ) = 8 \text{W}$$

10. 如图所示电路中, 设二极管为理想的, 输入电压 $u_i = 10 \sin \omega t (\text{V})$, 试画出输出电压 u_o 的波形, 并标出幅值。

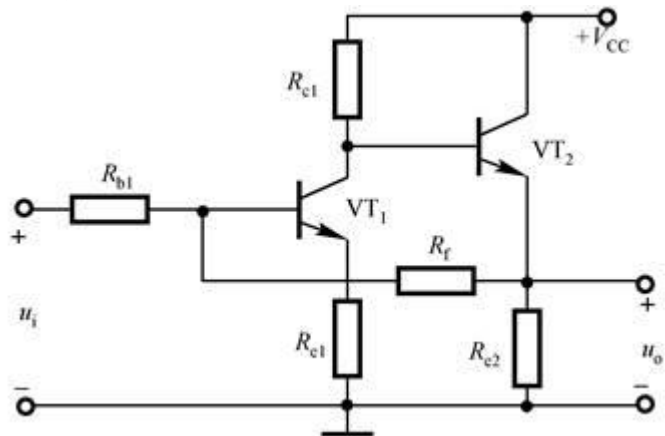


(5.0分)

解: 断开VD, $u_D = 3 - u_i \begin{cases} > 0, \text{VD导通, 即 } u_i < 3\text{V}, u_o = 3\text{V} \\ < 0, \text{VD截止, 即 } u_i > 3\text{V}, u_o = u_i \end{cases}$



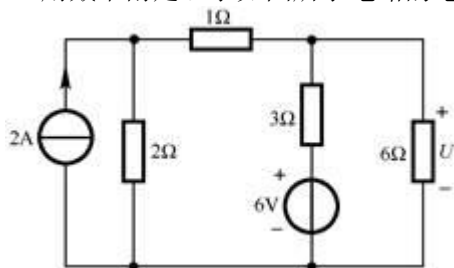
11.判断如图所示电路的级间交流反馈的组态。



(5.0分)

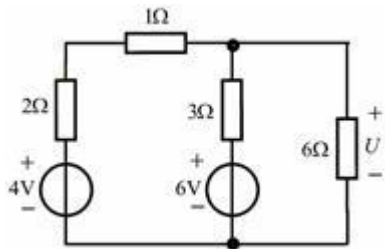
电压并联负反馈

12.用戴维南定理求如图所示电路的电压 U 。



(6.0分)

解:利用电源等效变换将如图所示电路等效成图(a)所示电路,再将 6Ω 电阻支路开路求 U_{oc}



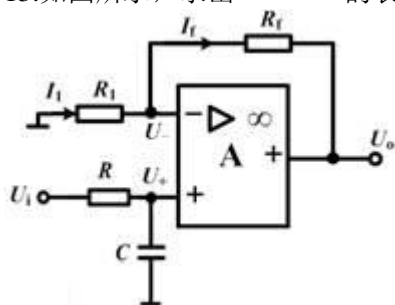
(a)

$$U_{oc} = \frac{4-6}{2+1+3} \times 3 + 6 = 5V$$

$$R_0 = \frac{(1+2) \times 3}{1+2+3} = 1.5\Omega$$

$$U = \frac{6}{1.5+6} \times 5 = 4V$$

13. 如图所示，求出 $\dot{A}_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$ 的表达式，并说明该电路的主要功能。



(6.0分)

解：

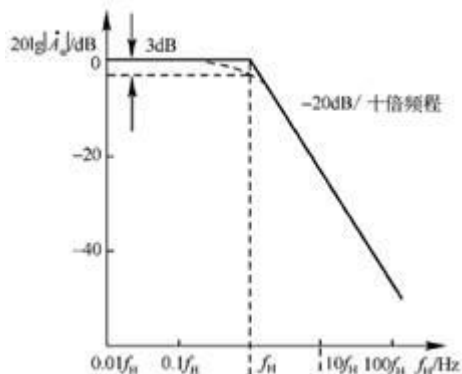
$$\dot{A}_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{A_0}{1 + j\frac{f}{f_H}}$$
 其中： $f_H = \frac{1}{2\pi RC}$, $A_0 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$

当频率 $f = f_H$ 时， $|\dot{A}_v| = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \approx 0.707 A_0$

当频率 $f \ll f_H$ 时， $|\dot{A}_v| = A_0$

当频率 $f \gg f_H$ 时， $|\dot{A}_v| = 0$

故可得电路的幅频特性如图所示：



由此可知，该电路是一个一阶有源低通滤波器。