

项目一 习题参考答案

1. PN 结正向偏置时是指 P 区接电源的正极，N 区接电源的负极。
2. 在常温下，硅二极管的死区电压约为 0.5V，导通后正向压降约为 0.6~0.8V；锗二极管的死区电压约为 0.1V，导通后正向压降约为 0.2~0.3V。
3. 三极管按结构分为 NPN 型和 PNP 型；按材料分为硅管和锗管。三极管是电流控制型器件，控制能力的大小可用 β 表示，它要实现信号放大作用，需发射结正偏，集电结反偏。
4. 场效应管是电压控制型器件，控制能力的大小可用 g_m 表示，它的主要特点是输入电阻很大。
5. 能否将 1.5V 的干电池以正向接法接到二极管两端？为什么？
解：不能，因为二极管正向电阻很小，若将 1.5V 的干电池以正向接法接到二极管两端会使得电路中的电流很大，相当于干电池正、负极短路。
6. 分析图 1.52 所示电路中各二极管是导通还是截止，并求出 A、B 两端的电压 U_{AB} (设 VD 为理想二极管，即二极管导通时其两端电压为零，反向截止时电流为零)。

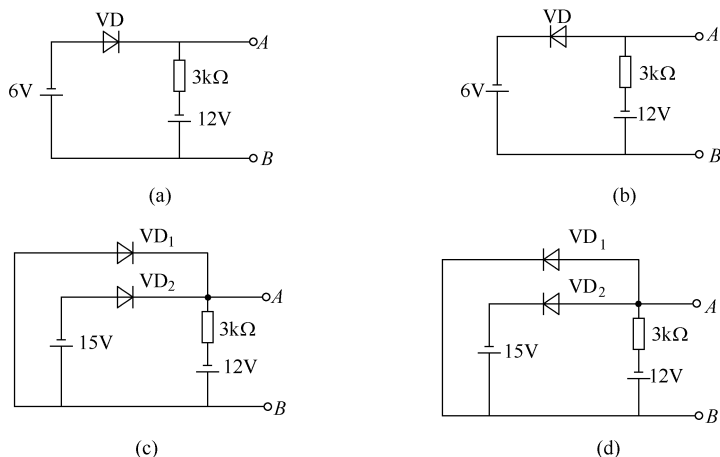


图 1.52 题 6 图

- 解：(a) VD 导通， $U_{AB} = -6V$ 。
(b) VD 截止， $U_{AB} = -12V$ 。
(c) VD_1 导通， VD_2 截止， $U_{AB} = 0V$ 。
(d) VD_1 截止， VD_2 导通， $U_{AB} = -15V$ 。

7. 在图 1.53 所示电路中，设 VD 为理想二极管， $u_i = 6\sin\omega t$ (V)，试画出 u_o 的波形。

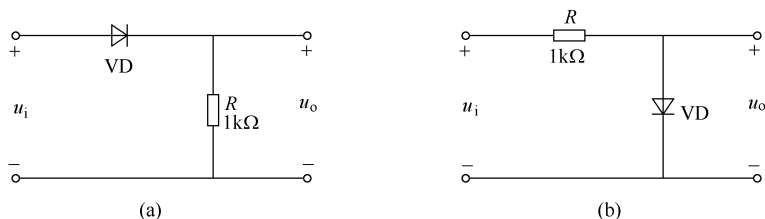
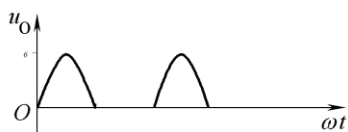
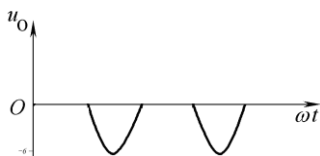


图 1.53 题 7 图

解： (a)



(b)

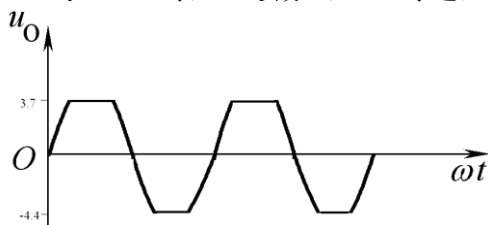


8. 电路如图 1.54 所示，已知 $u_i = 5\sin\Omega t$ (V)，二极管导通电压为 0.7V。试画出 u_i 与的波形。

解： $u_i > 3.7\text{V}$ 时，VD₁ 导通，VD₂ 截止， $u_o = 3.7\text{V}$ ；

$3.7\text{V} > u_i > -4.4\text{V}$ 时，VD₁ 截止，VD₂ 截止， $u_o = u_i$ ；

$u_i < -4.4\text{V}$ 时，VD₁ 截止，VD 导通， $u_o = -4.4\text{V}$ 。



9. 测得电路中几个三极管的各极对地电压如图 1.55 所示，试判别各三极管的工作状态。

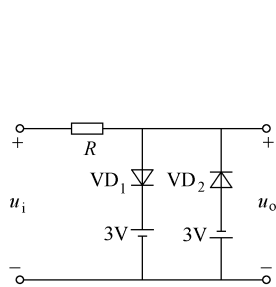


图 1.54 题 8 图

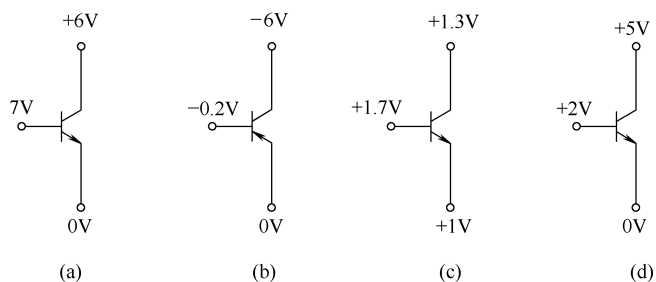


图 1.55 题 9 图

解：（a）三极管已损坏，发射结开路 （b）放大状态 （c）饱和状态 （d）三极管已损坏，发射结开路

10. 测得放大电路中六只晶体管的电位如图 1.56 所示。在圆圈中画出管子，并说明它们是硅管还是锗管。

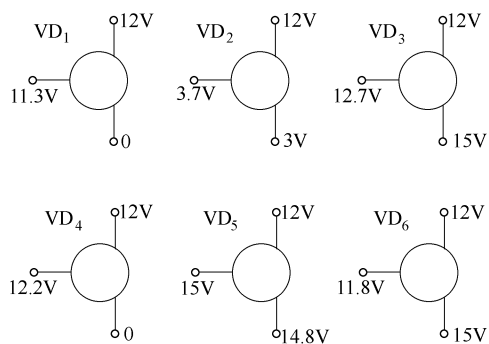
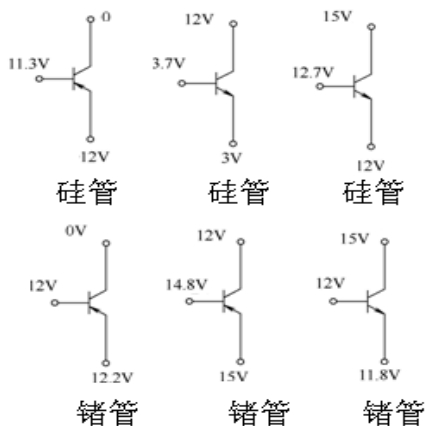


图 1.56 题 10 图

解：



11. 为什么场效应管的输入电阻比三极管的输入电阻要高很多？

解：栅、源极间的输入电阻从本质上来说是 PN 结的反向电阻。

12. 图 1.57 所示符号各表示哪种沟道 JFET？其箭头方向代表什么？

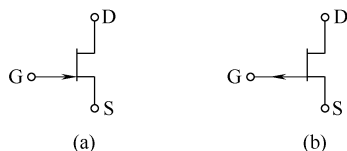


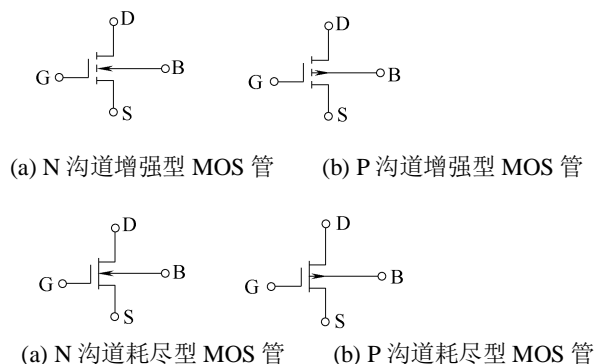
图 1.57 题 12 图

解：（a）N 沟道 JFET，（b）P 沟道 JFET

箭头的方向表示 PN 结正偏的方向，即由 P 指向 N

13. 试分别画出 N 沟道增强型和耗尽型 MOS 管、P 沟道增强型和耗尽型 MOS 管的电路符号。

解：



14. 一个场效应管的转移特性曲线如图 1.58 所示，试问：

(1) 它是 N 沟道还是 P 沟道的 FET？

(2) 它的夹断电压 u_P 和饱和漏极电流 I_{DSS} 各是多少？

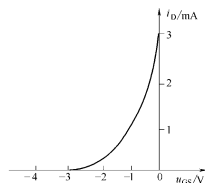


图 1.58 题 14 图

解：（1）N 沟道 JFET

（2） $u_P = -3V$ ， $I_{DSS} = 3mA$

15. 图 1.59 所示为 MOS 管的转移特性，请分别说明各属于何种沟道。如果是增强型，说明它的开启电压 $u_T = ?$ 如果是耗尽型，说明它的夹断电压 $u_P = ?$ 其中 i_D 的参考方向为流进漏极。

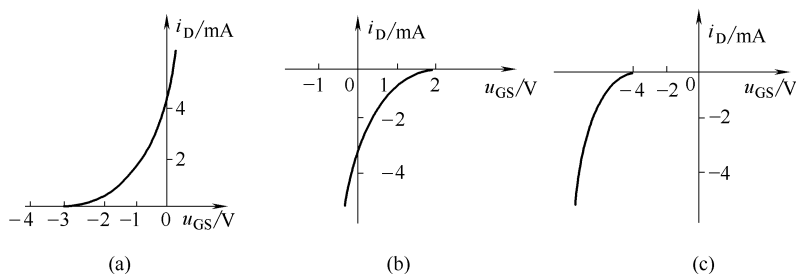


图 1.59 题 15 图

解：（a）N 沟道耗尽型 MOS 管， $u_P = -3V$ 。

（b）P 沟道耗尽型 MOS 管， $u_P = 2V$ 。

（c）P 沟道增强型 MOS 管， $u_T = -4V$ 。

16. 在图 1.60 所示电路中，已知发光二极管导通电压为 $1.5V$ ，正向电流在 $5 \sim 15mA$ 时才能正常工作。试问：

（1）开关 S 在什么位置时发光二极管才能发光？

（2） R 的取值范围是多少？

解：（1）开关 S 闭合时，发光二极管才能发光。

（2） $R_{\min} = (5 - 1.5) / 15 = 0.23K\Omega$

$R_{\max} = (5 - 1.5) / 5 = 0.7K\Omega$

R 的取值范围是 $0.23K\Omega \sim 0.7K\Omega$ 。

17. 已知稳压管的稳压值 $U_Z = 6V$ ，稳定电流的最小值 $I_{Z\min} = 5mA$ ，求图 1.61 所示电路中 U_{o1} 和 U_{o2} 各为多少伏。

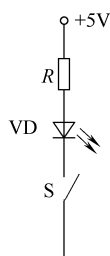


图 1.60 题 16 图

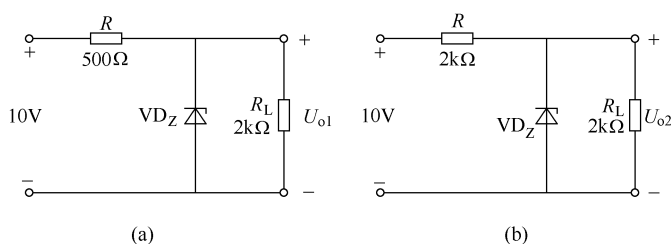


图 1.61 题 17 图

解：（a）因为： $2 \times 10 / (2 + 0.5) = 8\text{V} > 6\text{V}$ ，所以稳压管工作在反向击穿状态， $U_{o1} = 6\text{V}$ 。

（b）因为： $2 \times 10 / (2 + 2) = 5\text{V} < 6\text{V}$ ，所以稳压管工作在反向截止状态， $U_{o2} = 5\text{V}$ 。

项目二 习题参考答案

1. 判断下列说法是否正确(在括号中打“√”或“×”)。

- (1) 在三极管放大电路中, 为了稳定直流工作点可引入直流负反馈。 (√)
 - (2) 在放大电路中, 若静态工作点选得过高, 则容易产生截止失真。 (×)
 - (3) 测得两个共射放大电路空载时的电压放大倍数均为-100, 将它们连成两级放大电路, 其电压放大倍数应为 10000。 (×)
 - (4) 阻容耦合多级放大电路各级的 Q 点相互独立, 它只能放大交流信号。 (√)
 - (5) 若放大电路的放大倍数为负, 则引入的反馈一定是负反馈。 (×)
 - (6) 只要在放大电路中引入反馈, 就一定能使其性能得到改善。 (×)
 - (7) 既然电流负反馈稳定输出电流, 那么必然稳定输出电压。 (×)
2. 图 2.42 所示电路能否起正常的放大作用? 若不能请加以改正。

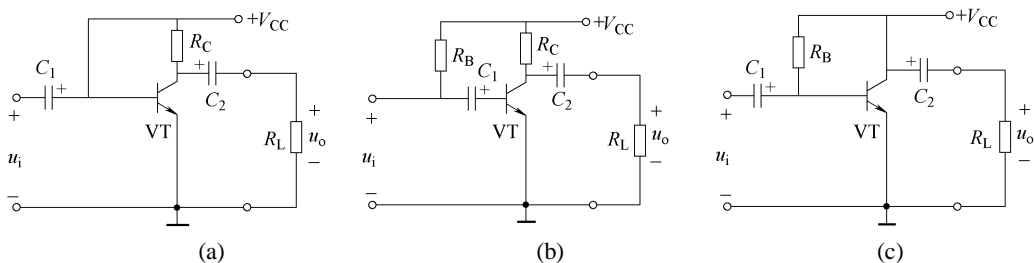
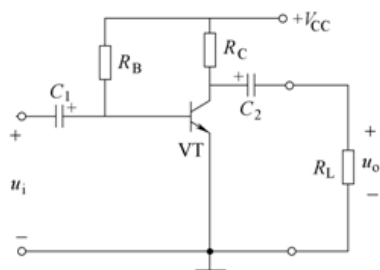


图 2.42 题 2 图

解: (a) 不能; (b) 不能; (c) 不能

改为:



3. 判断在图 2.43 所示的各两级放大电路中, VT_1 和 VT_2 管分别组成哪种接法的放大电路。设图中所有电容对于交流信号均可视为短路。

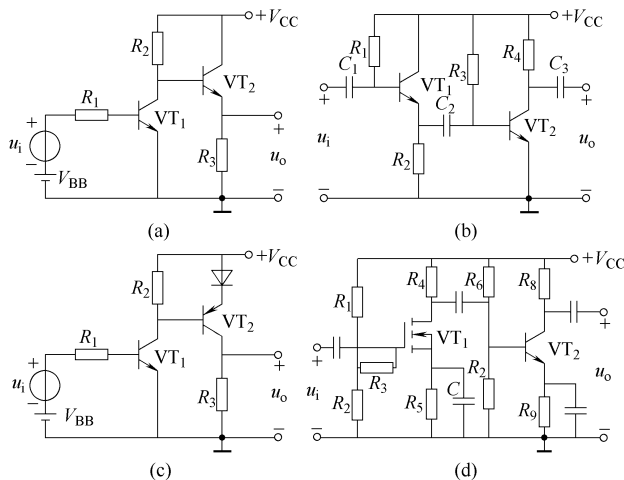


图 2.43 题 3 图

解：（a） VT_1 ：共发射极接法， VT_2 ：共集电极接法；

（b） VT_1 共集电极接法， VT_2 ：共发射极接法；

（c） VT_1 ：共发射极接法， VT_2 ：共发射极接法；

（d） VT_1 ：共源极接法， VT_2 ：共发射极接法。

4. 图 2.44 所示为某放大电路及三极管输出特性曲线。其中 $V_{CC}=12V$ ， $R_C=5k\Omega$ ， $R_B=560k\Omega$ ， $R_L=5k\Omega$ ，三极管 $U_{BE}=0.7V$ 。

（1）用图解法确定静态工作点(I_B 、 I_C 、 U_{CE})。

（2）画出直流负载线和交流负载线。

（3）确定最大输出电压幅值 U_{omax} 。

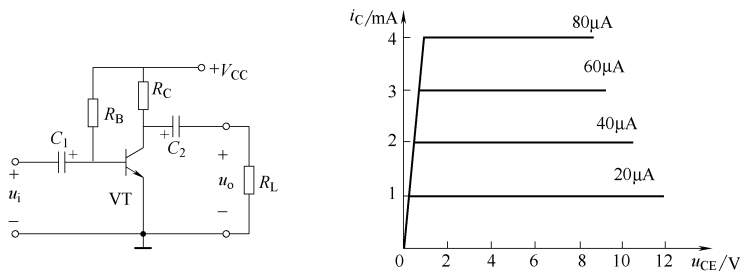


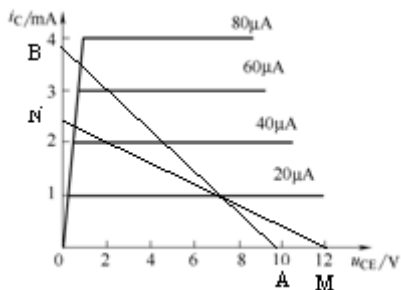
图 2.44 题 4 图

解：

$$(1) I_B = (12 - 0.7) / 560K = 0.02mA$$

直流负载线： $M(12V, 0)$ ， $N(0, V_{CC}/R_C=2.4mA)$ ，由下图可读出： $I_C=1mA$ ， $U_{CE}=7V$ 。

(2) 交流负载线: $A(U_{CE} + I_C R_L' = 9.5V, 0)$, $B(0, I_C + U_{CE}/R_L' = 3.8mA)$, 如下图所示:



(3) 取 $(9.5-7=2.5V)$ 和 $(7-0.3=6.7V)$ 中的最小值, 所以 $U_{omax}=2.5V$ 。

5. 电路如图 2.45 所示, 其中 $V_{CC}=12V$, $R_s=1k\Omega$, $R_C=4k\Omega$, $R_B=560k\Omega$, $R_L=4k\Omega$, 三极管的 $U_{BE}=0.7V$, $\beta=50$ 。

- (1) 画出直流通路, 并估算静态工作点 I_B 、 I_C 、 U_{CE} 。
- (2) 画出微变等效电路, 并试求 A_u 、 R_i 、 R_o 。

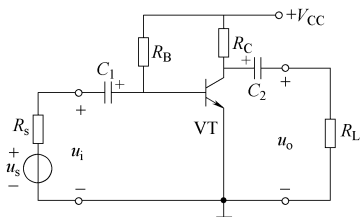
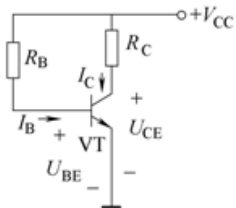


图 2.45 题 5 图

解:

(1) 直流通路:

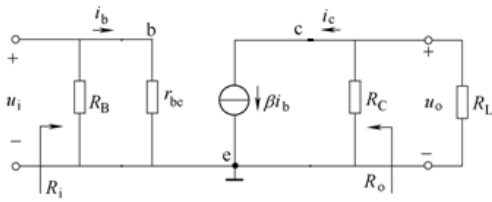


$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B} = 0.02mA$$

$$I_C = \beta I_B = 1mA$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 8V$$

(2) 微变等效电路:



$$R'_L = R_C // R_L = 2\text{k}\Omega$$

$$r_{be} = 100 + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} = 1400\Omega$$

$$A_u = -\beta R'_L / r_{be} = -71$$

$$R_i \approx r_{be} = 1400\Omega$$

$$R_o = R_C = 4\text{k}\Omega$$

6. 分压式偏置电路如图 2.46 所示，已知三极管的 $U_{BE}=0.7\text{V}$ ， $\beta=60$ 。

(1) 画出直流通路，估算静态工作点 I_B 、 I_C 、 U_{CE} 。

(2) 画出微变等效电路，求 A_u 、 R_i 、 R_o 。

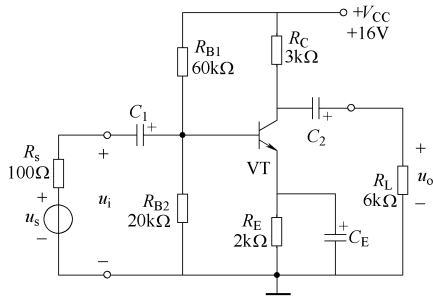


图 2.46 题 6 图

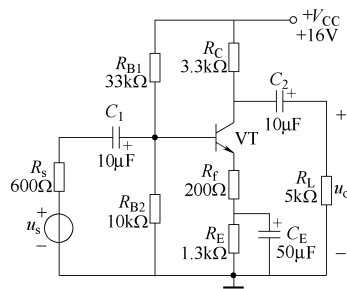
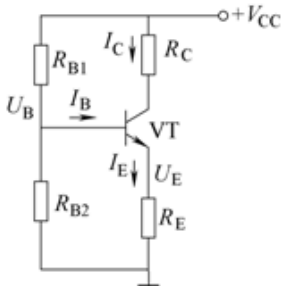


图 2.47 题 7 图

解：

(1) 直流通路：



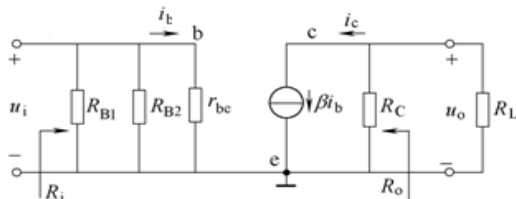
$$U_B \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 4\text{V}$$

$$I_C \approx I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} = 1.65 \text{mA}$$

$$I_B = I_C / \beta = 0.0275 \text{mA}$$

$$U_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 7.75 \text{V}$$

(2) 微变等效电路:



$$R'_L = R_C // R_L = 2 \text{k}\Omega$$

$$r_{be} = 100 + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} = 1045 \Omega$$

$$A_u = -\beta R'_L / r_{be} = -115$$

$$R_i \approx r_{be} = 1045 \Omega$$

$$R_o = R_C = 3 \text{k}\Omega$$

7. 在图 2.47 所示的电路中，三极管的 $\beta = 50$ 。

(1) 求静态电流 I_C 。

(2) 画出微变等效电路，求 A_u 、 R_i 、 R_o 。

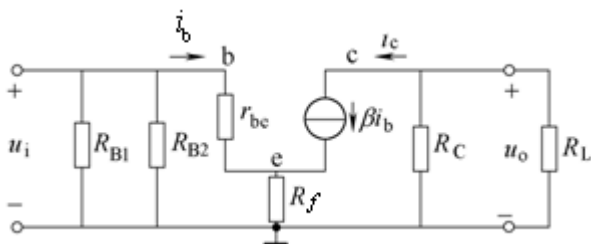
解:

$$(1) U_B \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 3.7 \text{V}$$

$$I_C = (U_B - U_{BE}) / (R_f + R_E) = 2 \text{mA}$$

$$I_B = I_C / \beta = 0.04 \text{mA}$$

(2) 微变等效电路:



$$r_{be} = 100 + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} = 750 \Omega$$

$$R'_L = R_C // R_L = 2 \text{k}\Omega$$

$$A_u = -\beta R'_L / [r_{be} + (1 + \beta) R_f] = -9$$

$$R_i \approx R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1+\beta) R_f] = 4.5 \text{ K}\Omega$$

$$R_o = R_C = 3.3 \text{ K}\Omega$$

8. 电路如图 2.48 所示, 其中 $V_{CC}=12\text{V}$, $R_s=1\text{k}\Omega$, $R_B=240\text{k}\Omega$, $R_E=4.7\text{k}\Omega$, $R_L=4.7\text{k}\Omega$, 三极管的 $U_{BE}=0.7\text{V}$, $\beta=50$ 。

- (1) 估算静态工作点 I_B 、 I_C 、 U_{CE} 。
- (2) 画出微变等效电路, 求 A_u 、 R_i 、 R_o 。

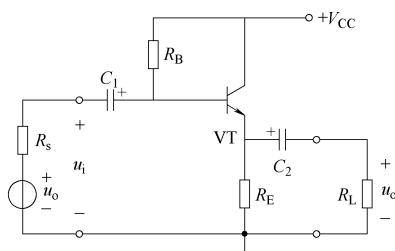


图 2.48 题 8 图

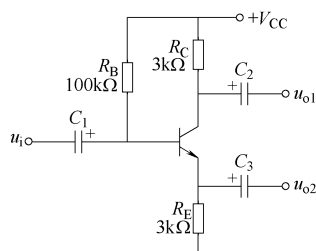


图 2.49 题 9 图

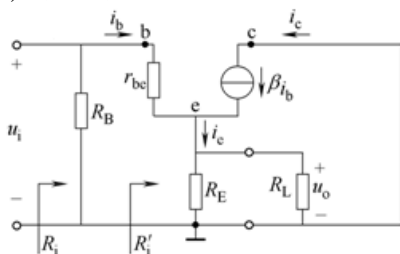
解:

$$(1) I_B = (V_{CC} - 0.7) / [R_B + (1+\beta) R_E] = 0.024 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 1.2 \text{ mA}$$

$$U_{CE} \approx V_{CC} - I_C R_E = 6.36 \text{ V}$$

(2) 微变等效电路:



$$r_{be} = 100 + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} = 1183 \Omega$$

$$R'_L = R_E // R_L = 2.35 \text{ K}\Omega$$

$$A_u = (1+\beta) R'_L / [r_{be} + (1+\beta) R'_L] = 0.99$$

$$R_i \approx R_B // [r_{be} + (1+\beta) R'_L] = 80.6 \text{ K}\Omega$$

$$R_o = [(R_s // R_B + r_{be}) / (1+\beta)] // R_E \approx 0.043 \Omega$$

9. 设图 2.49 所示电路所加输入电压为正弦波。 (补条件: $V_{CC}=12\text{V}$, $\beta=50$)

- (1) 分别求输出为 u_{o1} 、 u_{o2} 时的 A_{u1} 、 A_{u2} 。

(2) 画出输入电压 u_i 和输出电压 u_{o1} 、 u_{o2} 的波形。

解：

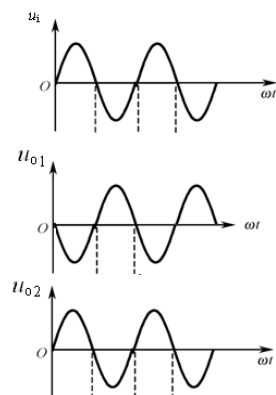
$$(1) I_B = (V_{CC} - 0.7) / [R_B + (1 + \beta) R_E] = 0.044 \text{ mA}$$

$$r_{be} = 100 + \frac{26(\text{mV})}{I_B(\text{mA})} = 691 \Omega$$

$$A_{u1} = -\beta R_C / [r_{be} + (1 + \beta) R_E] = -0.975$$

$$A_{u2} = (1 + \beta) R_E / [r_{be} + (1 + \beta) R_E] = 0.995$$

(2)



10. 已知电路参数如图 2.50 所示，FET 工作点上的互导 $g_m = 1 \text{ mS}$ ，设 $r_{ds} \gg R_D$ 。

(1) 画出电路的小信号微变等效电路。

(2) 求电压增益 A_u 和输入电阻 R_i 。

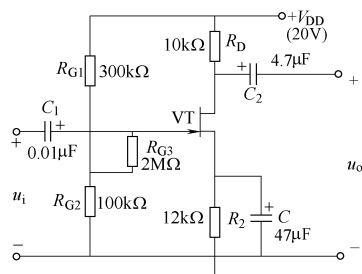
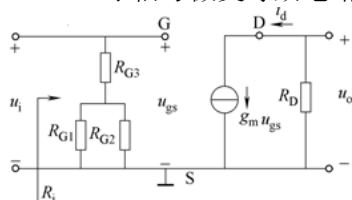


图 2.50 题 10 图

解：(1) 小信号微变等效电路：



$$(2) A_u = -g_m R_D = -10$$

$$R_i = R_{G3} + (R_{G1} // R_{G2}) = 2.075 \text{ K}\Omega$$

11. 判断图 2.51 所示的各电路的反馈类型(电压反馈或电流反馈、串联反馈或并联反馈、正反馈或负反馈)。

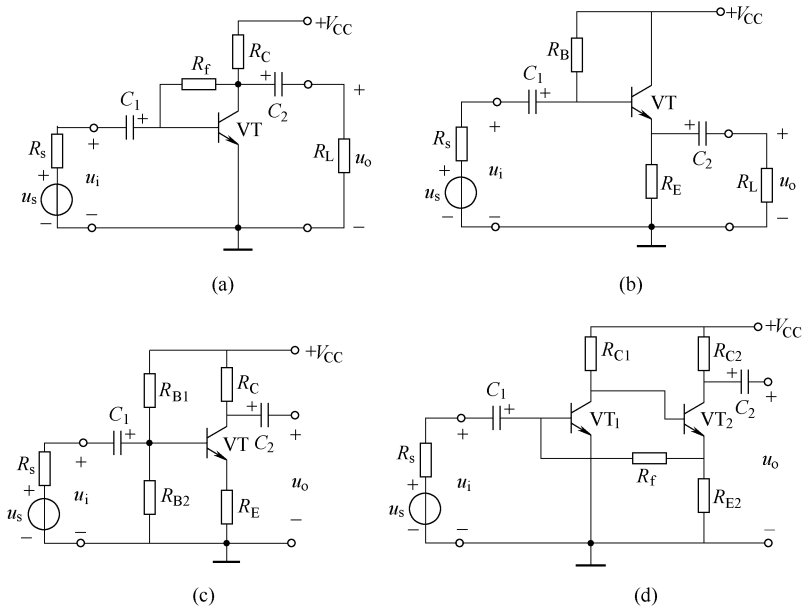


图 2.51 题 11 图

解：(a) 电压并联负反馈；(b) 电压串联负反馈；(c) 电流串联负反馈；(d) 电流并联负反馈

12. 在电压串联负反馈放大器中，若开环电压放大倍数 $\dot{A}_u = -1000$ ，反馈系数 $\dot{F}_u = -0.049$ ，输出电压 $\dot{U}_o = 2\text{V}$ 。求反馈深度、输入电压 \dot{U}_i 、反馈电压 \dot{U}_f 、净输入电压 \dot{U}'_i 和闭环电压放大倍数 \dot{A}_{uf} 。

解：反馈深度： $D = 1 + \dot{F}_u \dot{A}_u = 50$

净输入电压 $\dot{U}'_i = \dot{U}_o / \dot{A}_u = -0.002$

反馈电压 $\dot{U}_f = \dot{F}_u \dot{U}_o = -0.0998$

闭环电压放大倍数 $\dot{A}_{uf} = \dot{A}_u / (1 + \dot{F}_u \dot{A}_u) = 20$

输入电压 $\dot{U}_i = \dot{U}_o / \dot{A}_{uf} = 0.1$

13. 若某负反馈放大器的 $\dot{A}_{uf} = 90$ ， $\dot{F} = 10^{-2}$ ，求基本放大器的 A_u 。

解： $A_u = 90 / (1 - 90 \times 0.01) = 900$

14. 简述交流负反馈对放大电路的影响。

解：交流负反馈使电路的增益下降，但可提高增益的稳定性、减小非线性失真、展宽通频带、改变放大电路的输入电阻和输出电阻。

15. 电路如图 2.52 所示，它的最大越级反馈可从 VT_3 的集电极或发射极引出，接到 VT_1 的发射极或基极，于是共有 4 种接法(1 和 3.1 和 4.2 和 3.2 和 4 相接)。试判断这 4 种接法各为什么组态的反馈。是正反馈还是负反馈？是电压反馈还是电流反馈？是串联反馈还是并联反馈？

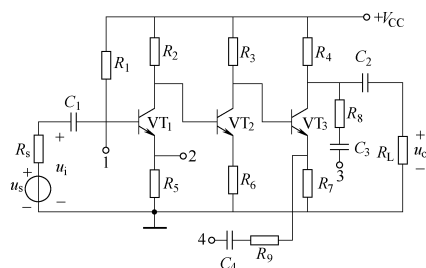


图 2.52 题 15 图

- 解：(1) 1 和 3 相接，电压并联负反馈
 (2) 1 和 4 相接，电流并联正反馈
 (3) 2 和 3 相接，电压串联正反馈
 (4) 2 和 4 相接，电流串联负反馈

16. 已知交流负反馈有如下四种组态。

- | | |
|------------|------------|
| A. 电压串联负反馈 | B. 电压并联负反馈 |
| C. 电流串联负反馈 | D. 电流并联负反馈 |

选择合适的答案填入下列空格内，只填入 A、B、C 或 D。

- (1) 欲将电流信号转换成与之成比例的稳定的电压信号，应在放大电路中引入 B。
- (2) 欲将电压信号转换成与之成比例的稳定的电流信号，应在放大电路中引入 C。
- (3) 欲减小电路从信号源索取的电流，增大带负载能力，应在放大电路中引入 A。
- (4) 欲从信号源获得更大的电流，并稳定输出电流，应在放大电路中引入 D。

17. 基本放大电路如图 2.53(a)和 2.53(b)所示，图 2.53(a)虚线框内为电路 I，图 2.53(b)虚线框内为电路 II。由电路 I、II 组成的多级放大电路如图 2.53(c)~(e)所示，它们均正常工作。试说明图 2.53(c)~(e)所示电路中：

- (1) 哪些电路的输入电阻比较大？
- (2) 哪些电路的输出电阻比较小？

(3) 哪个电路的电压放大倍数最大？

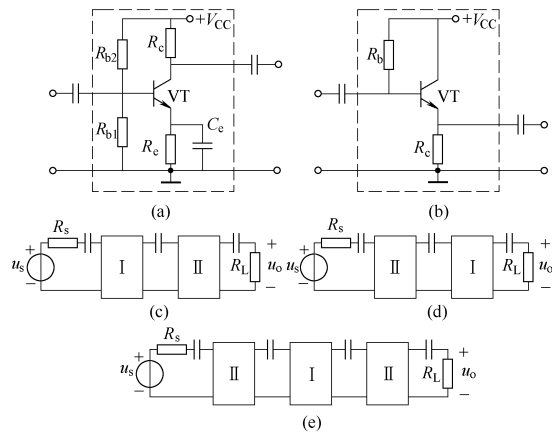


图 2.53 题 17 图

解：（1）（d）和（e）的输入电阻比较大；

（2）（c）和（e）输出电阻比较小；

（3）（c）的电压放大倍数最大。

项目三 习题参考答案

1. 选择填空题。

- (1) 使用差分放大电路的目的是为了提高(C)。
A. 输入电阻 B. 电压放大倍数
C. 抑制零点漂移能力 D. 电流放大倍数
- (2) 差分放大器抑制零点漂移的效果取决于(B)。
A. 两个晶体管的静态工作点 B. 两个晶体管的对称程度
C. 各个晶体管的零点漂移 D. 两个晶体管的放大倍数
- (3) 差模输入信号是指两个大小(A)、极性(B)的信号；共模输入信号是指两个(A)、极性(D)的信号。
A. 相等 B. 相反 C. 不等
- (4) 电路的差模放大倍数越大表示(A)，共模抑制比越大表示(C)。
A. 有用信号的放大倍数越大
B. 共模信号的放大倍数越大
C. 抑制共模信号和温漂的能力越强
- (5) 差分放大电路的作用是(D)。
A. 放大差模 B. 放大共模 C. 抑制共模 D. 抑制共模，又放大差模
- (6) 差分放大电路由双端输入变为单端输入，差模电压增益是(C)。
A. 增加一倍 B. 为双端输入的 1/2
C. 不变 D. 不定
- (7) 差分放大电路中 $U_{i1}=300\text{mV}$ ， $U_{i2}=-200\text{mV}$ ，分解为共模输入信号 $U_{ic}=(D)\text{mV}$ ，差模输入信号 $U_{id}=(A)\text{mV}$ 。
A. 500 B. 100 C. 250 D. 50
- (8) 在相同条件下，阻容耦合放大电路的零点漂移(B)。
A. 比直接耦合电路大
B. 比直接耦合电路小
C. 与直接耦合电路相同

2. 双端输出的差分放大电路如图 3.40 所示, 已知 $V_{CC}=9V$, $-V_{EE}=-9V$, $R_{C1}=R_{C2}=2k\Omega$,

$R_{B1}=R_{B2}=5.1k\Omega$, $R_E=5.1k\Omega$, 每个三极管的 $U_{BE}=0.7V$, $\beta=50$, 求:

- (1) 静态电流 I_{C1} 。
- (2) 差模电压放大倍数 A_{ud} 。

解:

$$(1) I_{BQ1}R_{B1} + U_{BE1} + 2R_E I_{EQ1} = V_{EE}$$

$$I_{BQ1}R_{B1} + U_{BE1} + 2R_E(1+\beta) I_{BQ1} = V_{EE}$$

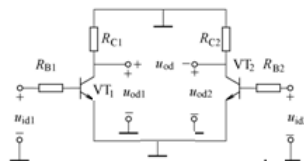
$$I_{BQ1} = 16\mu A = 0.016mA$$

$$I_{CQ1} = \beta I_{BQ1} = 50 \times 16\mu A = 0.8mA$$

$$r_{be} = 100 + \frac{26(mV)}{I_B(mA)} = 1725\Omega$$

(2) 差模交流电路 (输入为差模信号时, R_E 上的电压保持不变, 故在交流时该电阻短路)

$$A_{ud} = \frac{\beta i_{b1} R_C}{i_{b1} \times (R_B + r_{be1})} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be1}} = -14.7$$



3. 有一差分放大电路 (设为双端输入-双端输出),

$u_{i1} = 2V$, $u_{i2} = 2.0001V$, $A_{ud} = 80dB$, $K_{CMR} = 100dB$, 试求输出 u_o 中的差模成分 u_{od} 和共模成分 u_{oc} 。

解:

$$u_{id} = u_{i1} - u_{i2} = -0.0001V$$

$$u_{ic} = (u_{i1} + u_{i2}) / 2 = 2.00005V$$

$$A_{ud} = 80dB \quad A_{ud} = 10^4$$

$$U_{od} = u_{id} \times A_{ud} = 0.0001V \times 10^4 = 1V$$

$$K_{CMR} = 100dB \quad A_{uc} = 10^{-1}$$

$$U_{oc} = u_{ic} \times A_{uc} = 0.200005V$$

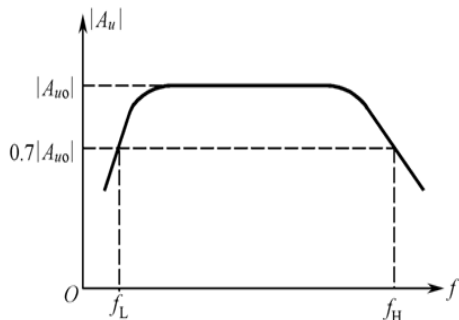
4. 一个放大电路的理想频响是一条水平线, 而实际放大电路的频响一般只有在中频区是平坦的, 而在低频区或高频区其频响则是衰减的, 这是由哪些因素引起的?

解: 低频区频响衰减是由电路中的耦合电容和射极旁路电容引起, 高频区频响衰减是由电路中的晶体管结电容引起。

5. 放大电路的通频带是怎样定义的?

解: 在中频区, 放大电路的增益基本不变, 即与信号的频率基本无关, 一般放大电路大都工作在这一区域, 可保证输出信号基本不产生频率失真。

在高频区, 电压放大倍数的模 $|A_u|$ 下降为中频



放大电路的频率特性

时电压放大倍数的模 $|A_{uo}|$ 的 $1/\sqrt{2}$ （约为 0.7）倍时所对应的频率称为上限截止频率，用 f_H 表示。在低频区，电压放大倍数的模 $|A_u|$ 下降为 $|A_{uo}|$ 的 $1/\sqrt{2}$ 倍时所对应的频率称为下限截止频率，用 f_L 表示。

通常将中频区所覆盖的频率范围称为通频带或带宽，用 f_{bw} 表示，即 $f_{bw} = f_H - f_L$

6. 在射极偏置放大电路中，影响低频响应的主要因素是射极旁路电容和耦合电容，而影响高频响应的是 BJT 的极间电容，为什么？

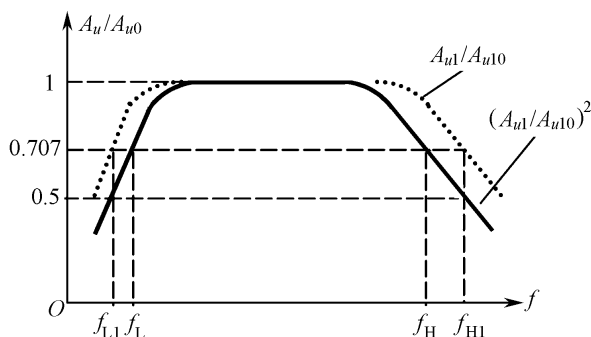
解：由于 C_1 、 C_E 和 C_2 均是和输入回路或输出回路串联的，因此，当工作频率较低时，它们的阻抗均较高并使得输入电流、电压和输出电流、电压都减小。这就造成了放大电路在低频区的增益必然随工作频率的下降而下降。

由于结电容 $C_{b'e}$ 和 $C_{b'c}$ 均是和输入回路或输出回路并联的，因此，当工作频率较高时，它们的阻抗均较低并使得实际有效输入电流、电压和输出电流、电压都减小。这就造成了放大电路在高频区的增益必然随工作频率的上升而下降。

7. 多级放大电路的频带宽度为什么比其中的任一单级电路的频带宽？

解：如图所示，根据定义，单级放大电路的上下限截止频率对应于 $A_{u1}/A_{u10}=0.707$ 时的频率，分别为 f_{H1} 和 f_{L1} ，但对应于该频率点，两级放大电路的 $A_u/A_{u0}=(A_{u1}/A_{u10})^2=0.707^2=0.5$ ，该值小于 0.707，而根据定义，两级放大电路的截止频率仍对应于 $A_u/A_{u0}=(A_{u1}/A_{u10})^2=0.707$ 时的频率，即上下限截止频率分别为 f_H 和 f_L ，显然， $f_H < f_{H1}$ ， $f_L > f_{L1}$ ，即两级电路的通频带变窄了。

不难理解，多级放大电路的级数越多，其增益越高，但通频带越窄，且小于任一单级电路的通频带。



两级放大电路的频率特性

8. 试求图 3.41 所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式，设各运放均为理想的。

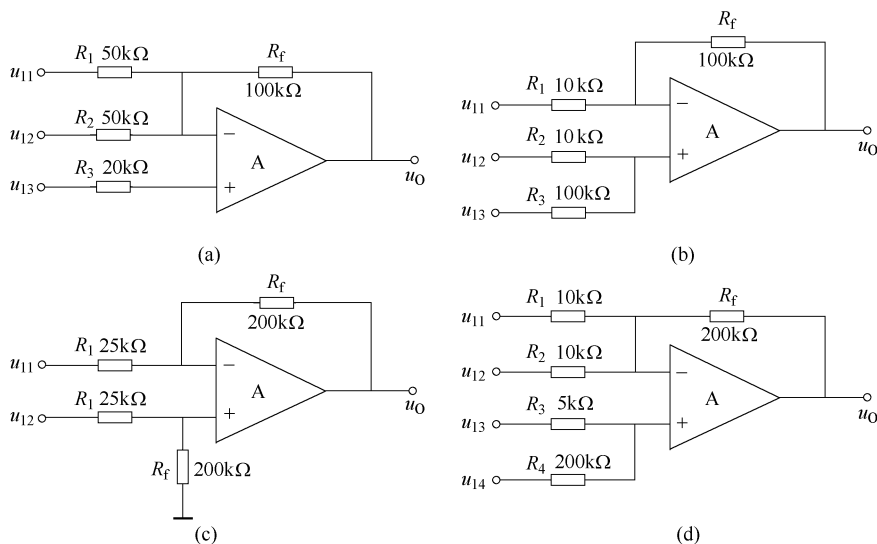


图 3.41 题 8 图

解:

(a): 对于同相端, 利用“虚断”, 有 $u_p = u_{i3}$

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_N = u_p = u_{i3}$

对于反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i1} - u_N}{R_1} + \frac{u_{i2} - u_N}{R_2} = \frac{u_N - u_O}{R_f}$

$$\begin{aligned} \text{带入条件有: } u_O &= -\frac{R_f}{R_1}(u_{i1} - u_{i3}) - \frac{R_f}{R_2}(u_{i2} - u_{i3}) + u_{i3} \\ &= -2u_{i1} - 2u_{i2} + 5u_{i3} \end{aligned}$$

(b): 对于同相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i2} - u_p}{R_2} = \frac{u_p - u_{i3}}{R_3}$,

$$\text{得 } u_p = \frac{10}{11}u_{i2} + \frac{1}{11}u_{i3}$$

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_N = u_p$

对于反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i1} - u_N}{R_1} = \frac{u_N - u_O}{R_f}$

带入条件有: $u_O = 11u_N - 10u_{i1} = -10u_{i1} + 10u_{i2} + u_{i3}$

(c): 对于同相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i2} - u_p}{R_2} = \frac{u_p}{R_3}$, 得 $u_p = \frac{8}{9}u_{i2}$

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_N = u_p$

对于反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i1} - u_N}{R_1} = \frac{u_N - u_O}{R_f}$

带入条件有: $u_O = 9u_N - 8u_{i1} = 8(u_{i2} - u_{i1})$

(d): 对于同相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i3} - u_p}{R_2} = \frac{u_p - u_{i4}}{R_3}$,

$$\text{得 } u_p = \frac{40}{41}u_{i3} + \frac{1}{41}u_{i4}$$

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_N = u_p$

对于反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i1} - u_N}{R_1} + \frac{u_{i2} - u_N}{R_2} = \frac{u_N - u_O}{R_f}$

带入条件有: $u_O = 41u_N - 20u_{i1} - 20u_{i2} = -20u_{i1} - 20u_{i2} + 40u_{i3} + u_{i4}$

9. 求图 3.42 所示电路的输出电压 u_O , 设各运放均为理想的。

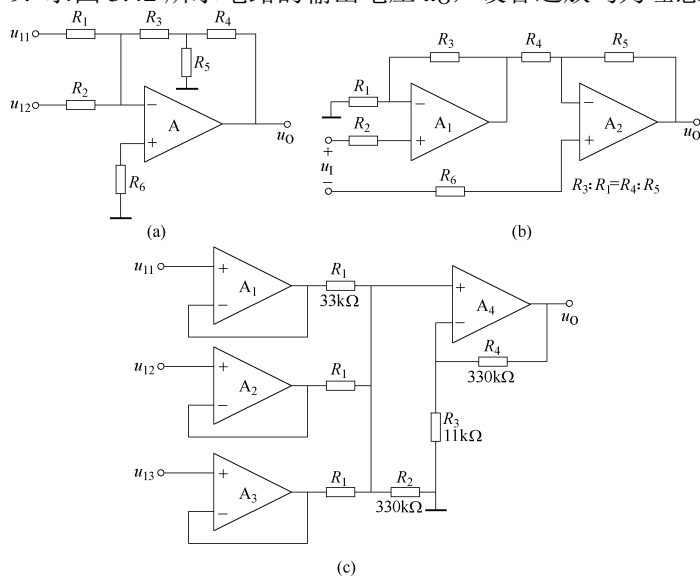


图 3.42 题 9 图

解:

(a): 对于运放的反相端和输出端进行处理, 由 $Y \rightarrow \Delta$,

得反相端和输出端的反馈电阻值为: $R_f = R_3 + R_4 + \frac{R_3 R_4}{R_5}$

对于同相端, 利用“虚断”, 有 $u_{P1} = 0$,

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_{N1} = u_{P1} = 0$,

对于反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{i1} - u_{N1}}{R_1} + \frac{u_{i2} - u_{N1}}{R_2} = \frac{u_{N1} - u_O}{R_f}$

带入条件有: $u_o = -R_f \left(\frac{u_{i1}}{R_1} + \frac{u_{i2}}{R_2} \right)$;

(b): 对于A1和A2:同相端, 利用“虚断”, 有 $u_{P1} - u_{P2} = u_i$,

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_{N1} = u_{P1}, u_{N2} = u_{P2}$,

对于A1反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{0 - u_{N1}}{R_1} = \frac{u_{N1} - u_{O1}}{R_3}$

带入条件有: $u_{O1} = 2u_{N1}$;

对于A2反相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{O1} - u_{N2}}{R_4} = \frac{u_{N2} - u_O}{R_5}$

(c): 对于A1、A2、A3:

接入负反馈, 对于运放有“虚断”, 有 $u_{o1} = u_{i1}, u_{o2} = u_{i2}, u_{o3} = u_{i3}$

对于A4同相端, 利用“虚断”, 有 $\frac{u_{o1} - u_{P4}}{R_1} + \frac{u_{o2} - u_{P4}}{R_1} + \frac{u_{o3} - u_{P4}}{R_1} = \frac{u_{P4}}{R_2}$

带入条件有: $u_{P4} = \frac{10}{31}(u_{o1} + u_{o2} + u_{o3}) = \frac{10}{31}(u_{i1} + u_{i2} + u_{i3})$;

对于A4反相端, 利用“虚断”, 有 $u_{N4} = \frac{R_3}{R_4 + R_3} u_o$,

即 $u_o = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) u_{N4} = 31u_{N4} = 10(u_{i1} + u_{i2} + u_{i3})$

10. 分别求解图 3.43 所示各电路的运算关系, 设各运放均为理想的。

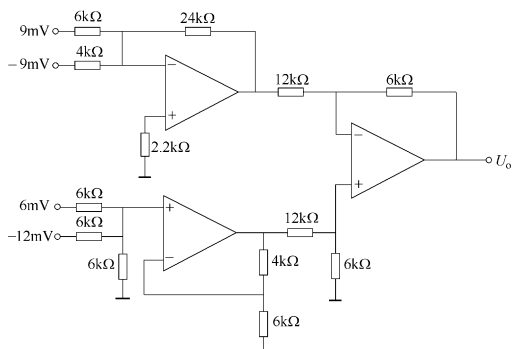


图 3.43 题 10 图

解：根据所示各电路可得： $U_P = U_N$

$$U_{O1} = 24/6 \times 9 - 24/4 \times (-9) = -36 + 54 = 18 \text{ mV}$$

$$U_{O2} = 4(6/6 - 12/6) = -4 \text{ mV}$$

$$U_0 = 6/12(U_{O2} - U_{O1}) = 6/12(-4 - 18) = -11 \text{ mV}$$

11. 试分别求解图 3.44 所示各电路的运算关系，设各运放均为理想的。

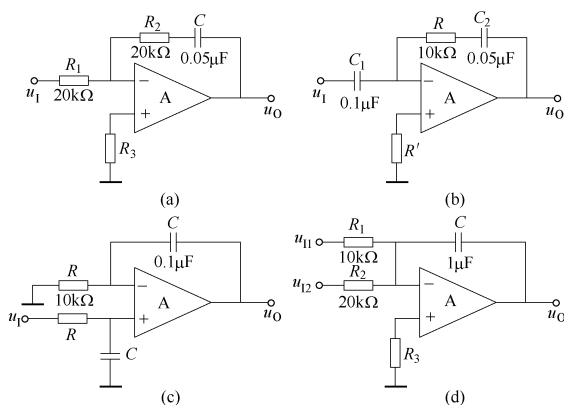


图 3.44 题 11 图

解：利用节点电流法，可解出各电路的运算关系分别为：

$$(a) \quad u_O = -\frac{R_2}{R_1} u_1 - \frac{1}{R_1 C} \int u_1 dt = -u_1 - 100 \int u_1 dt$$

$$(b) \quad u_O = -RC_1 \frac{du_1}{dt} - \frac{C_1}{C_2} u_1 = -10^{-3} \frac{du_1}{dt} - 2u_1$$

$$(c) \quad u_O = \frac{1}{RC} \int u_1 dt = 10^3 \int u_1 dt$$

$$(d) \quad u_O = -\frac{1}{C} \int \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right) dt = -100 \int (u_{I1} + 0.5u_{I2}) dt$$

12. 在图 3.45(a)所示电路中, 已知输入电压 u_1 的波形如图 3.45(b)所示, 当 $t=0$ 时 $u_o=0$ 。试画出输出电压 u_o 的波形。

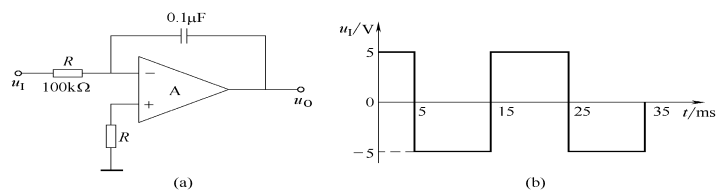


图 3.45 题 12 图

解: 输出电压的表达式为 $u_o = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_1 dt + u_o(t_1)$

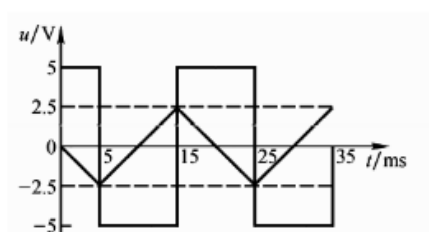
当 u_1 为常量时

$$\begin{aligned} u_o &= -\frac{1}{RC} u_1 (t_2 - t_1) + u_o(t_1) \\ &= -\frac{1}{10^5 \times 10^{-7}} u_1 (t_2 - t_1) + u_o(t_1) \\ &= -100 u_1 (t_2 - t_1) + u_o(t_1) \end{aligned}$$

若 $t=0$ 时 $u_o=0$, 则 $t=5\text{ms}$ 时, $u_o = -100 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} \text{V} = -2.5\text{V}$ 。

当 $t=15\text{ms}$ 时, $u_o = [-100 \times (-5) \times 10 \times 10^{-3} + (-2.5)] \text{V} = 2.5\text{V}$ 。

因此输出波形如图所示。



解图

13. 试分别求出图 3.46 所示各电路的电压传输特性。

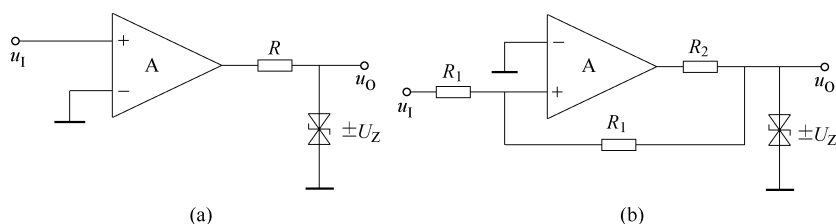
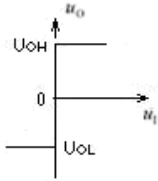


图 3.46 题 13 图

解: (a)

$$U_{OH} = +U_Z$$

$$U_{OL} = -U_Z$$



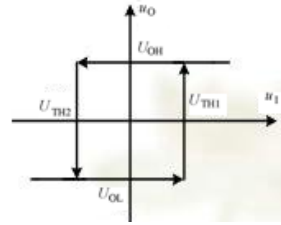
(b)

$$\textcircled{1} \text{ 当 } u_o = U_{OH} \approx U_Z \text{ 时, } u_{P1} = \frac{R_1 u_i}{R_1 + R_1} + \frac{R_1 U_Z}{R_1 + R_1} = 0$$

即: 门限电压 $U_{TH2} = (u_i) = -U_Z, U_{OH} = +U_Z$

$$\textcircled{2} \text{ 当 } u_o = U_{OL} \approx -U_Z \text{ 时, } u_{P2} = \frac{R_1 u_i}{R_1 + R_1} - \frac{R_1 U_Z}{R_1 + R_1} = 0$$

门限电压 $U_{TH1} = (u_i) = +U_Z, U_{OL} = -U_Z$



14. 求图 3-47(a)所示比较器的阈值, 画出传输特性。若输入电压 u_i 的波形如图 3-47(b)所示, 试画出 u_o 的波形(在时间上必须与 u_i 对应)

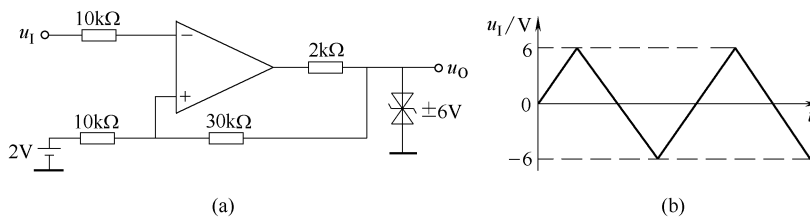


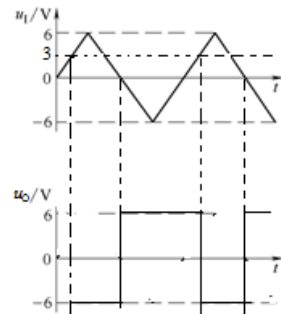
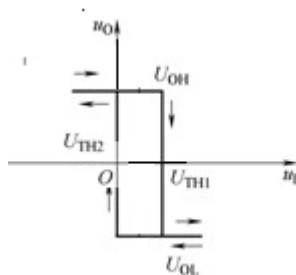
图 3.47 题 14 图

解: 当 $u_o = U_{OH} \approx U_Z = 6V$ 时, 所对应的 u_P 起始值即阈值为

$$U_{TH1} = \frac{10}{10 + 30} \times 6 + \frac{30}{10 + 30} \times 2 = 3V$$

当 $u_o = U_{OL} \approx -U_Z = -6V$ 时, 所对应的 u_P 起始值即另一阈值为

$$U_{TH2} = \frac{10}{10 + 30} \times (-6) + \frac{30}{10 + 30} \times 2 = 0V$$



项目四 习题参考答案

1. 选择填空题(可多选)。

(1) 电压放大电路主要研究的指标是(A)、(B)、(C)等；功率放大电路主要研究的指标是(D)、(E)、(F)等。

- A. 电压放大倍数 B. 输入电阻 C. 输出电阻
D. 输出功率 E. 电源提供的功率 F. 效率

(2) 乙类互补功率放大电路的效率较高，在理想情况下可达(A)。

- A. 78.5% B. 75% C. 72.5%

(3) 乙类互补功率放大电路会产生(C)失真。

- A. 饱和 B. 截止 C. 交越失真 D. 饱和和截止

(4) 为了消除交越失真应使功率管工作在(C)状态。

- A. 甲类 B. 乙类 C. 甲乙类

(5) 输出功率为 200W 的扩音电路采用甲乙类功放，则应选择 $P_V \geq$ (D)的功放管。

- A. 200W B. 100W C. 50W D. 40W

(6) 同样输出功率的 OCL 与 OTL 功放电路的最大区别在于(A)。

- A. 双电源和单电源供电 B. 输出端是否有耦合电容
C. 三极管的要求不同

(7) OTL 电路输出耦合电容的作用是(AB)。

- A. 隔直耦合 B. 相当于提供负电源
C. 交流时对地旁路

2. 判断下列说法是否正确(在括号中打“√”或“×”)。

(1) 功率放大电路的主要作用是向负载提供足够大的功率信号。 (√)

(2) 顾名思义，功率放大电路有功率放大作用，电压放大电路只有电压放大作用而无功率放大作用。 (×)

(3) 由于功率放大电路中的晶体管处于大信号工作状态，所以微变等效电路方法已不再适用。 (√)

(4) 在功率放大电路中，输出功率最大时，功放管的功率损耗也是最大。 (×)

(5) 乙类功放电路在输出功率最大时，管子消耗的功率最大。 (×)

(6) 在输出电压为零时, 单电源甲乙类推挽功放电路中的电源所消耗的功率是两个管子的静态电流与电源电压的乘积。 (×)

3. 与甲类功率放大电路相比, 乙类互补对称功率放大电路的主要优点是什么?

解: 乙类互补对称功率放大电路的效率。

4. 在图 4.10 所示电路中, 用二极管 VD_1 和 VD_2 的管压降为 VT_1 和 VT_2 提供适当的偏置, 而二极管具有单向导电的特性, 那么, 此时输入的交流信号能否通过此二极管, 从而也为 VT_1 和 VT_2 供给交流信号? 并说明理由。

解: 二极管的交流等效电阻很小, 交流通路可视为短路, 输入的交流信号直接送往 VT_1 和 VT_2 的基极输入端。

5. 设放大电路的输入信号为正弦波, 问在什么情况下, 电路的输出会出现饱和及截止失真? 在什么情况下会出现交越失真? 用波形示意图说明这两种失真的区别。

解: 若放大电路为共射放大电路, 输入信号为正弦波, 输出正弦波的底部被削平为饱和失真, 顶部削平为截止失真。交越失真出现在互补对称功放输出波形的过零点附近被削平。

6. 从功率器件的安全运行考虑, 电路可以从哪几方面采取措施?

解: 选用大功率器件, 给器件增加散热片等。

7. 在图 4.20 所示电路中, 设 BJT 的 $\beta=100$, $U_{BE}=0.7V$, $U_{CES}=0$, $I_{CEO}=0$, 电容 C 对交流可视为短路。输入信号 u_i 为正弦波。

(1) 计算电路可能达到的最大不失真输出功率 P_{om} 。

(2) 此时 R_B 应调节到什么阻值?

(3) 此时电路的效率 η 为多少? 试与工作在乙类的互补对称电路比较。

解: (1) 当 $U_{CE} = \frac{1}{2} V_{cc} = 6V$ 时, 有最大不失真输出电压 $U_{om} = 6V$, 最大不失真输出功率 $P_{om} \approx \frac{1}{2} \frac{U_{om}^2}{R_L} = 2.25W$ 。

$$(2) I_{CQ} = \frac{V_{CC} / 2}{R_L} = 0.75A, I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 0.75mA, R_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{I_{BQ}} = 15k\Omega$$

$$(3) \eta = \frac{P_{om}}{P_{DC}} = \frac{P_{om}}{V_{cc} \cdot I_{CQ}} = 25\%, \text{ 比乙类互补功放 } 78. \% \text{ 的效率明显要低。}$$

8. 双电源互补对称电路如图 4.21 所示, 已知 $V_{CC}=12V$, $R_L=16\Omega$, u_i 为正弦波。

(1) 求在 BJT 的饱和压降 U_{CES} 可以忽略不计的条件下, 负载上可能得到的最大输出功率 P_{om} 。

(2) 每个管子允许的管耗 P_{CM} 至少应为多少?

(3) 每个管子的耐压 $|U_{BR,CEO}|$ 应大于多少?

解: (1) $P_{om} \approx \frac{1}{2} \frac{V_{cc}^2}{R_L} = 4.5W$

(2) $P_{CM} > 0.2P_{om} = 0.9W$

(3) $|U_{BR,CEO}| > 2V_{cc} = 24V$

9. 如图 4.21 所示, 设 u_i 为正弦波, $R_L=8\Omega$, 要求最大输出功率 $P_{om}=9W$ 。BJT 的饱和压降 U_{CES} 可以忽略不计, 求:

(1) 正、负电源 V_{CC} 的最小值。

(2) 根据所求 V_{CC} 最小值, 计算相应的最小值 I_{CM} 、 $|U_{(BR)CEO}|$ 。

(3) 输出功率最大($P_{om}=9W$)时, 电源供给的功率 P_V 。

(4) 每个管子允许的管耗 P_{CM} 的最小值。

(5) 当输出功率最大($P_{om}=9W$)时所要求的输入电压有效值。

解: (1) 由 $P_{om} = \frac{1}{2} \frac{V_{cc}^2}{R_L}$ 得 $V_{cc} = \sqrt{2 \cdot R_L \cdot P_{om}} = 12V$

(2) $I_{CM} > \frac{V_{cc}}{R_L} = 1.5A$, $|U_{BR,CEO}| > 2V_{cc} = 24V$

(3) $P_V = \frac{2V_{cc}U_{om}}{\pi R_L}$ 当 $U_{om}=V_{cc}$ 时 $P_{Vm} = \frac{2V_{cc}^2}{\pi R_L} = 1.27P_{om} = 11.43W$

(4) $P_{CM} > 0.2P_{om} = 1.8W$

(5) $U_{im} = U_{om} \approx V_{cc} = 12V$, $U_i = \frac{U_{im}}{\sqrt{2}} = 8.5V$

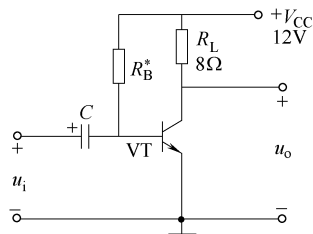


图 4.20 题 7 图

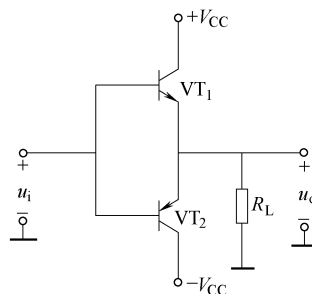


图 4.21 题 8、9、10 图

10. 如图 4.21 所示, 管子在输入信号 u_i 作用下, 在一周内 VT_1 和 VT_2 轮流导通约 180° , 电源电压 $V_{CC}=20V$, 负载 $R_L=8\Omega$, 试计算:

(1) 在输入信号 $U_i=10V$ (有效值)时, 电路的输出功率、管耗、直流电源供给的功率和效率。

(2) 当输入信号 U_i 的幅值 $U_{im}=V_{CC}=20V$ 时, 电路的输出功率、管耗、直流电源供给的功率和效率。

$$\text{解: (1) } U_o = U_i = 10V, \quad P_o = \frac{U_o^2}{R_L} = 12.5W,$$

$$\text{电源供给的功率: } P_V = \frac{2V_{cc} U_{om}}{\pi R_L} = \frac{2V_{cc} U_o \sqrt{2}}{\pi R_L} \approx 22.3W$$

$$\text{管耗: } P_{VT} = P_V - P_o = 9.8W$$

$$\text{效率: } \eta = \frac{P_o}{P_V} = 56\%$$

$$(2) \quad P_{om} = \frac{1}{2} \frac{V_{cc}^2}{R_L} = 25W, \quad P_{VT1} = 0.2P_{om} = 5W, \quad \eta = 78.5\%, \quad P_{DC} = \frac{P_o}{\eta} = 31.8W$$

11. 一单电源互补对称电路如图 4.22 所示, 设 u_i 为正弦波, $R_L=8\Omega$, 管子的饱和压降 U_{CES} 可以忽略不计。试求最大不失真输出功率 P_{om} (不考虑交越失真)为 $9W$ 时, 电源电压 V_{CC} 至少应为多大?

$$\text{解: } V_{CC} = \sqrt{8R_L \cdot P_{om}} = 24V$$

12. 如图 4.22 所示的单电源互补对称电路中, 设 $V_{CC}=12V$, $R_L=8\Omega$, C 的电容量很大, u_i 为正弦波, 在忽略管子饱和压降 U_{CES} 情况下, 试求该电路的最大输出功率 P_{om} 。

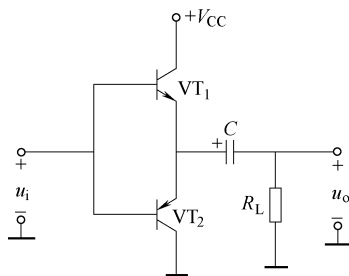


图 4.22 题 11.12 图

$$\text{解: } P_{om} = \frac{1}{8} \frac{V_{CC}^2}{R_L} = 2.25W$$

项目五 习题参考答案

1. 直流稳压电源的作用是什么？影响输出电压稳定性的因素有哪些？

解：直流稳压电源的作用是能输出稳定的直流电压。

影响输出电压稳定性的因素有：交流电源的波动和负载的变化。

2. 直流稳压电源电路由哪几部分组成？各部分的作用是什么？

解：直流稳压电源电路由变压器、整流电路、滤波电路、稳压电路等部分组成。

变压器的作用：将交流电源电压转换为符合整流电路需要的电压，同时电源变压器还可起到将直流电源与电网隔离的作用。

整流电路的作用：将正负交替变化的正弦交流电压变换成单方向的脉动直流电压。

滤波电路的作用：对整流电路输出的脉动直流电压进行滤波，减小脉动成分，使输出电压成为比较平滑的直流电压，以适应负载的需要。

稳压电路的作用：对滤波电路输出的电压进行稳压，从而使稳压电路输出的直流电压在交流电源电压波动或负载变化时能基本保证稳定。

3. 选出正确的说法。

(1) 整流的目的是 A。

- A. 将交流信号变为直流信号 B. 将高频信号变为低频信号
- C. 将正弦波变为方波

(2) 在单相桥式整流电路中，若有一只整流管接反，则 C。

- A. 输出电压将增大 B. 变为半波直流
- C. 整流管将因电流过大而烧坏

(3) 直流稳压电源中滤波电路的目的是 C。

- A. 将交流变为直流
- B. 将高频变为低频
- C. 将交、直流混合量中的交流成分滤掉

(4) 直流稳压电路中的滤波电路应选用 B。

- A. 高通滤波电路 B. 低通滤波电路 C. 带通滤波电路

(5) 串联型稳压电路中的放大环节所放大的对象是 C。

- A. 基准电压 B. 采样电压 C. 基准电压与采样电压之差

(6) 在桥式整流电容滤波电路中, 已知变压器副边电压有效值 U_2 为 10V, $R_L C \geq (3 \sim 5)T/2$ (T 为电网电压的周期)。以下各种情况下测得输出电压平均值 U_O 可能的数值为: 正常情况 $U_O \approx \underline{\text{B}}$; 电容虚焊时 $U_O \approx \underline{\text{C}}$; 负载电阻开路时 $U_O \approx \underline{\text{A}}$; 一只整流管和滤波电容同时开路时, $U_O \approx \underline{\text{D}}$ 。

A. 14V

B. 12V

C. 9V

D. 4.5V

(7) 在变压器副边电压和负载相同的情况下, 桥式整流电路的输出电压是半波整流电路输出电压的 B。

A. 0.5 倍

B. 2 倍

C. 1 倍

4. 二极管桥式整流电路如图 5.23 所示, 试分析如下问题:

- (1) 若已知 $U_2=20\text{V}$, 试估算 U_O 的值;
- (2) 若有一只二极管脱焊, U_O 的值将如何变化?
- (3) 若二极管 VD_1 的正负极焊接时颠倒了, 会出现什么问题?
- (4) 若负载短接, 会出现什么问题?

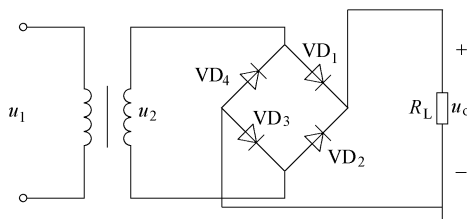


图 5.23 题 4 图

解:

- (1) $U_O=0.9 \times 20=18\text{V}$;
- (2) U_O 将变小, $U_O=0.45 \times 20=9\text{V}$;
- (3) VD_1 和 VD_2 将因电流过大而烧坏;
- (4) 4 个整流管将因电流过大而烧坏。

5. 在整流滤波电路中, 采用滤波电路的主要目的是什么? 就其电路结构而言, 滤波电路有电容滤波和电感滤波两种, 各有什么特点? 各应用于何种场合?

解: 在整流滤波电路中, 采用滤波电路的主要目的是将输出的脉动直流电压中的交流分量滤除, 以得到比较平滑的直流电压。

电容滤波电路适用于负载电流较小, 负载变化不大的场合。电感滤波器主要适用于负载电压较低、负载电流较大以及负载变化较大的场合。

6. 分别判断图 5.24 所示各电路能否作为滤波电路, 简述理由。

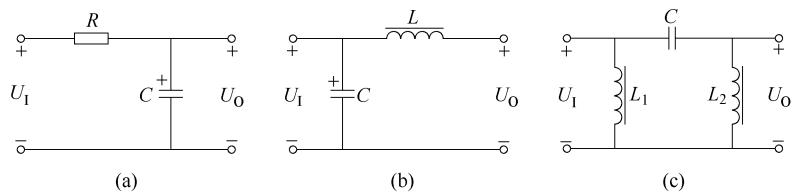


图 5.24 题 6 图

解：（a）能，因为电容与负载并联；（b）能，因为电容与负载并联，电感与负载串联；（c）不能，因为电感与负载并联，电容与负载串联。

7. 在图 5.25 所示电路中，已知 $U_2=20V$ 。试回答以下问题：

- (1) 电路中 R_L 和 C 增大时，输出电压是增大还是减小？为什么？
- (2) 在满足 $R_L C = (3 \sim 5) \frac{T}{2}$ 条件时，输出电压 U_L 与 U_2 的近似关系如何？
- (3) 若二极管 VD_1 断开， $U_L = ?$
- (4) 若负载电阻 R_L 断开， $U_L = ?$
- (5) 若 C 断开， $U_L = ?$

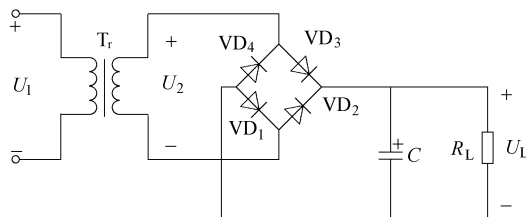


图 5.25 题 7 图

解：

- (1) 输出电压是增大的。
- (2) $U_L = 1.2 U_2 = 24V$
- (3) $U_L = U_2 = 20V$
- (4) $U_L = 1.4 U_2 = 28V$
- (5) $U_L = 0.9 U_2 = 18V$

8. 硅稳压管稳压电路如图 5.26 所示，其中未经稳压的直流输入电压 $U_1=18V$ ， $R=1k\Omega$ ， $R_L=2k\Omega$ ，硅稳压管 VD_Z 的稳定电压 $U_Z=10V$ ，动态电阻及未被击穿时的反向电流均可忽略。试求：

- (1) U_O 、 I_O 、 I 和 I_Z 的值。

(2) 当 R_L 值降低到多大时, 电路的输出电压将不再稳定?

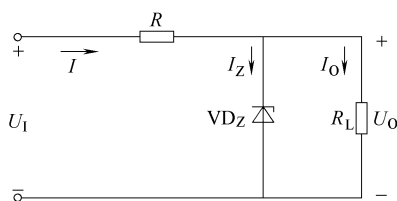


图 5.26 题 8 图

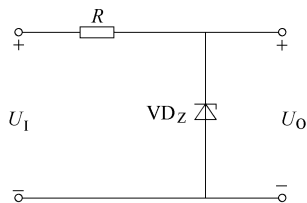


图 5.27 题 9 图

解:

(1) $U_O=10V$; $I_O=U_O/R_L=5mA$; $I=(U_I-U_O)/R=8mA$; $I_Z=I-I_O=3mA$

(2) 由: $U_I \times R_L / (R + R_L) = VD_Z$, 得出 $R_L = 1.25K\Omega$

所以, 当 R_L 值降低到 $1.25K\Omega$ 时, 电路的输出电压将不再稳定。

9. 已知稳压管稳压电路的输入电压 $U_I=15V$, 稳压管的稳定电压 $U_Z=6V$, 稳定电流的最小值 $I_{Zmin}=5mA$, 最大功耗 $P_{ZM}=150mW$ 。试求图 5.27 所示电路中电阻 R 的取值范围。

解:

$$I_{Zmax}=P_{ZM}/U_Z=25mA$$

$$R_{max}=\frac{U_I-U_Z}{I_{Zmin}}=\frac{15-6}{5}=1.8K\Omega$$

$$R_{min}=\frac{U_I-U_Z}{I_{Zmax}}=\frac{15-6}{25}=0.35K\Omega$$

所以, 电阻 R 的取值范围: $0.35K\Omega \sim 1.8K\Omega$ 。

10. 串联反馈式稳压电路由哪几部分组成?

解: 串联反馈式稳压电路由四部分组成: 取样电路、基准环节、比较放大环节和调整环节。

11. 串联反馈式稳压电路如图 5.28 所示, 稳压二极管的 $U_Z=6V$, 负载 $R_L=20\Omega$, $R_P=100\Omega$, $R_1=R_2=200\Omega$ 。试回答以下问题:

- (1) 标出运算放大器 A 的同相、反相输入端符号。
- (2) 说明电路的工作原理。
- (3) 求输出直流电压 U_O 的调节范围。
- (4) 为确保调节管的管压降 U_{CE} 始终不小于 $3V$, 求输入电压的范围。

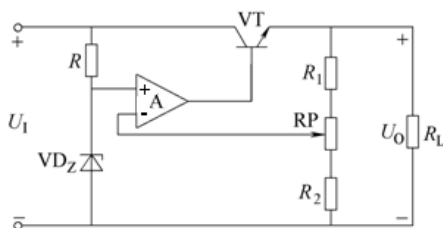


图 5.28 题 11 图

解：

(1) A 的同相、反相输入端符号已标在图中；

(2) 如果输出电压 U_O 增大时，取样电压也相应增大，取样电压与基准电压相比较，其差值电压经比较放大电路放大后使三极管的基极电压减小，VT 管的基极电流减小，管压降 U_{CE} 增大， U_O 下降，从而使 U_O 保持基本稳定。

(3) $U_{Omin}=6 \times (R_1 + R_2 + RP) / (R_2 + RP) = 10V$

$$U_{Omax}=6 \times (R_1 + R_2 + RP) / R_2 = 15V$$

输出直流电压 U_O 的调节范围 10V~15V。

(4) 输入电压的范围 13V~18V。

12. 要获得+15V、1.5A 的直流稳压电源，应选用什么型号的固定式三端稳压器？

解：应选用 7815。

13. 要获得-9V、1.5A 的直流稳压电源，应选用什么型号的固定式三端稳压器？

解：应选用 7909。

14. 电路如图 5.29 所示。合理连线各元器件，使之构成能输出 5V 的直流电源电路。

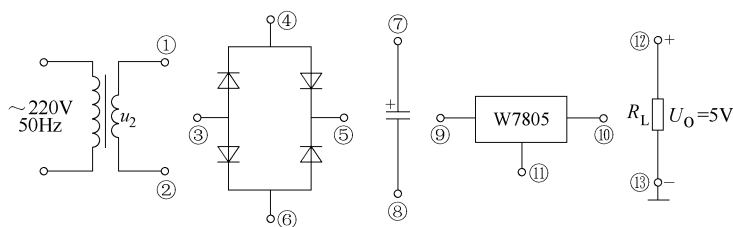


图 5.29 题 14 图

解：1 与 4 连接，2 与 6 连接，5 与 7、9 连接，3 与 8、11、13 连接，10 与 12 连接。

15. 电路如图 5.30 所示，集成稳压器 7824 的 2、3 端电压 $U_{32}=U_{REF}=24V$ ，求输出电压 U_O 和输出电流 I_O 的表达式，说明该电路具有什么作用。

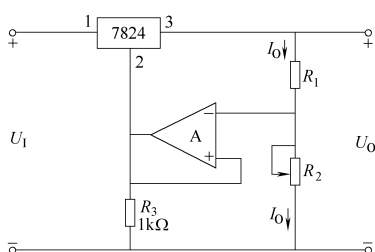


图 5.30 题 15 图

解：由 $U_o = 24 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_o$ ，得出 $U_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \times 24$

$$I_o = \frac{U_o}{R_1 + R_2} = \frac{24}{R_1}$$

该电路具有电压-电流转换作用

16. 可调式三端稳压器在电路中正常工作时，输出端和调整端之间的电压是多少？

解：输出端和调整端之间的电压是 1.25V。

17. 为什么开关型直流稳压电源的效率比线性直流稳压电源的效率要高？

解：开关型直流稳压电源电路中的调整管工作在开关状态，管耗较小，所以电源效率较高。

项目六 习题参考答案

1. 选择填空题。

(1) 正弦波振荡电路产生振荡的条件是(E), 为使电路起振应满足(B)。

- A. $AF < 1$ B. $AF > 1$ C. $AF = -1$
D. $AF \rightarrow \infty$ E. $AF = 1$

(2) 产生低频正弦波一般可选用(A)振荡器; 产生高频正弦波可选用(B)振荡器;
产生频率稳定度很高的正弦波可选用(C)振荡器。

- A. RC B. LC C. 石英晶体

(3) 正弦波振荡电路的振荡频率由(C)而定。

- A. 基本放大电路 B. 反馈网络 C. 选频网络

(4) 图 6.36 所示电路要组成一个正弦波振荡电路, 试填空回答下列问题。

① 电路的连接: ①—(7); ②—(5); ③—(8); ④—(6)。

② 振荡频率增大可(B)。

- A. 增大 R B. 减小 C C. 增大 R_1 D. 减小 R_2

③ 振荡器输出正弦波失真应(B)。

- A. 增大 R B. 增大 R_1 C. 增大 R_2

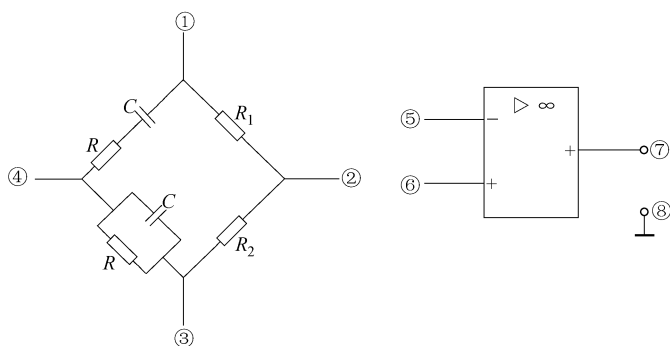


图 6.36 题 1(4) 图

(5) RC 振荡电路如图 6.37 所示, 该电路的输出电压波形为(A)。

- A. 正弦波 B. 矩形波 C. 三角波 D. 锯齿波

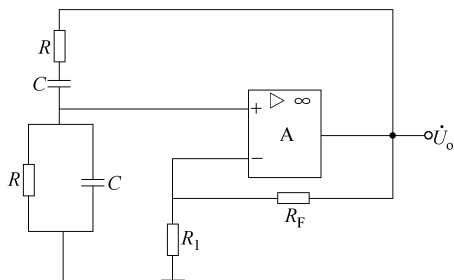


图 6.37 题 1(5)图

(6) RC 正弦振荡电路中，设理想运放， R_F 和 R_1 阻值适当， $R = 100\text{k}\Omega$ ， $C = 0.01\mu\text{F}$ ，则其振荡频率约为(B)。

- A. 15.9Hz B. 159Hz C. 999Hz D. 99.9Hz

(7) 在实验室要求正弦波发生器的频率是 $10\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ ，应选用(A)；电子设备中要求 $f = 4.000\text{MHz}$ ， $\Delta f / f_0 = 10^{-8}$ ，应选用(C)；某仪器要求正弦波振荡器的频率为 $10 \sim 20\text{MHz}$ ，可选用(B)。

- A. RC 振荡器 B. LC 振荡器 C. 石英晶体振荡器

(8) 正弦波振荡器一般是由(放大电路)、(选频网络)和(反馈网络)组成，但为了保证振荡信号幅度稳定且波形较好，常常还需要(稳幅)环节。

(9) 正弦波振荡器产生自激振荡的相位平衡条件是($\varphi_a + \varphi_F = 2n\pi (n = 0, 1, 2, \dots)$)，幅度平衡条件是($AF = 1$)。

2. 判断题(在括号中打“√”或“×”)。

(1) 从结构上来看，正弦波振荡器是一个没有输入信号的带选频网络的正反馈放大器。

(√)

(2) 只要有正反馈，电路就一定能产生正弦波振荡。

(×)

(3) 负反馈电路不可能产生振荡。

(×)

(4) 在正弦波振荡电路中，只允许存在正反馈，不允许引入负反馈。

(×)

(5) 自激振荡器中如没有选频网络，就不可能产生正弦波振荡。

(√)

3. 用瞬时极性法判断图 6.38 所示各电路是否可能产生正弦波振荡？说明理由。

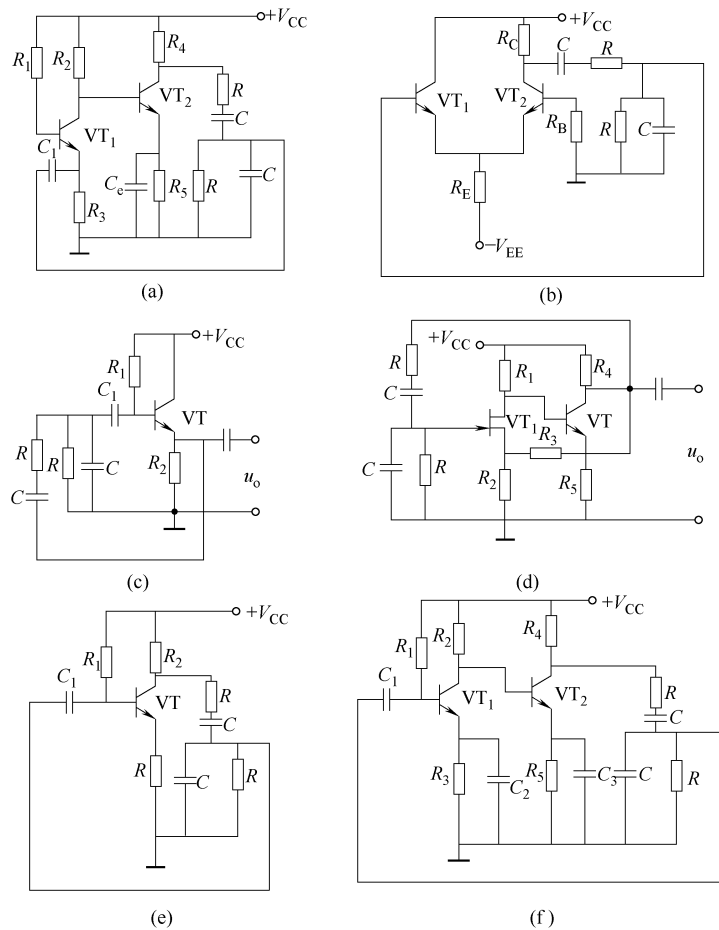


图 6.38 题 3 图

解：A) 不可以，B) 可以 C) 不可以 D) 可以 E) 不可以 F) 可以

4. 用瞬时极性法判断图 6.39 所示的各电路是否可能产生正弦波振荡？并说明理由。

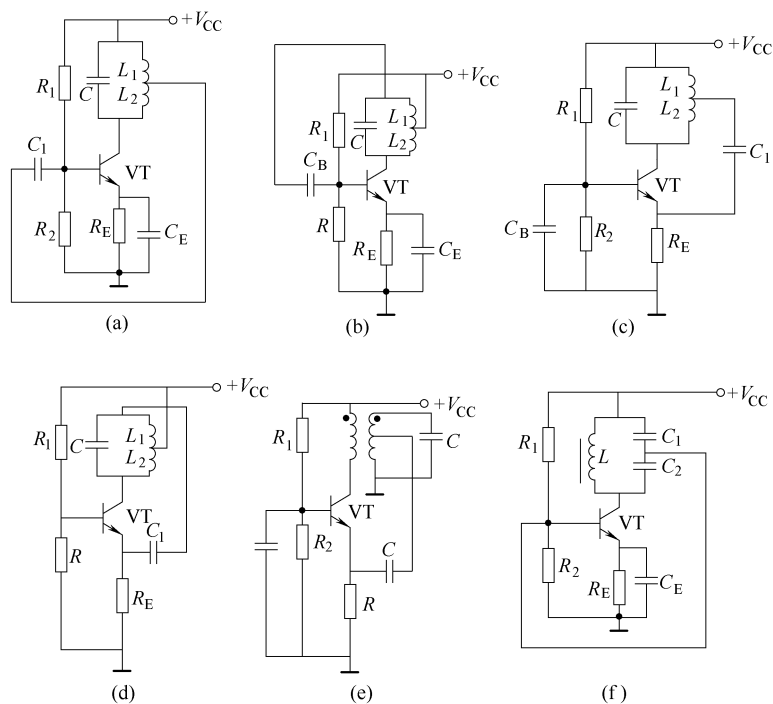


图 6.39 题 4 图

解：a)不可以 b)可以 c)可以 d)不可以 e)不可以 f)不可以