

# 华南理工大学期末考试参考答案与评分标准

## 《电路与模拟电子技术》

| 一  | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八  | 九 | 十 | 总分  |
|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|-----|
| 21 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 5 | 18 | 8 | 8 | 100 |
|    |   |   |   |   |   |   |    |   |   |     |

### 一、填空题（每小题 3 分，共 21 分）

1. 如图 1 所示，开路电压  $U_{OC} = \underline{-1V}$ 。

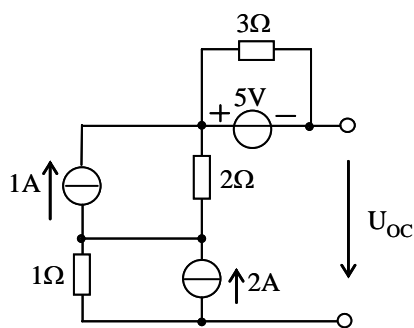


图 1

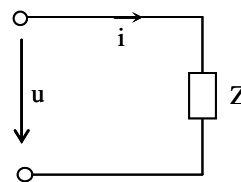
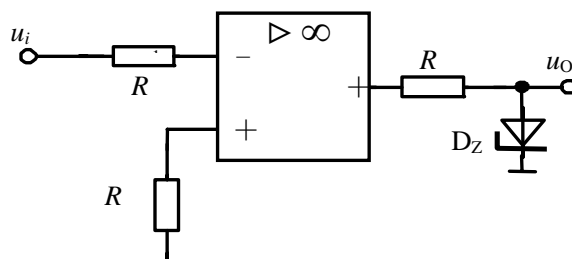


图 2

2. 图 2 电路中已知  $i = 6 \sin(2512t - \pi/6) \text{ A}$ ,  $u = 12 \sin(2512t + \pi/6) \text{ V}$ , 则频率  $f = \underline{399.8}$  赫。负载的功率因数  $\cos\varphi = \underline{0.5}$ ,  $\dot{U} = \underline{3\sqrt{2}\angle -30^\circ}$ ,  $\dot{I} = \underline{6\sqrt{2}\angle 30^\circ}$ 。
3. 电路如图所示，运算放大器的饱和电压为  $\pm 12\text{V}$ ，稳压管的稳定电压为  $8\text{V}$ ，正向压降为  $0.7\text{V}$ ，当输入电压  $u_i = -0.1\text{V}$  时，则输出电压  $u_O$  等于  $\underline{0.7V}$ 。



4. 整流电路如图 3 所示，输出电压平均值  $U_O$  是  $18\text{V}$ ，若因故一只二极管损坏而断开，则输出电压平均值  $U_O$  变为  $\underline{9V}$ 。

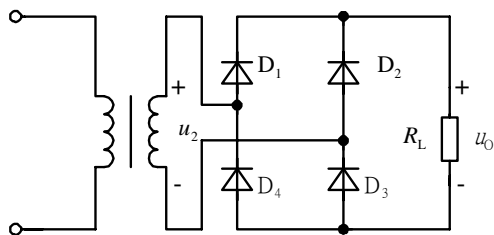


图 3

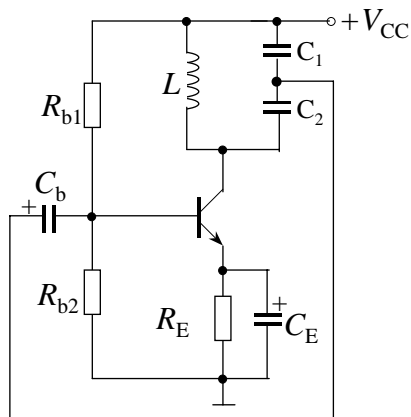


图 4

5. 从相位条件判断, 图 4 所示电路 不能 产生正弦波振荡, 其反馈电压取自  $C_1$ 。
6. 为稳定放大电路的输出电压, 应采用 电压 反馈; 为提高放大电路的输入电阻应采用 串联 反馈。
7. 射极输出器的主要特点包括(1) 电压放大倍数接近 1, (2) 输入电阻高, (3) 输出电阻低。

二、求图示电路的戴维南等效电路。(8 分)

解法 1: 外加恒流源如图 1 所示,

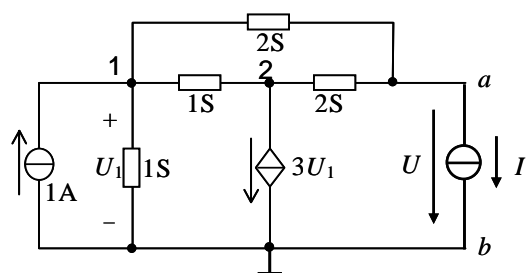
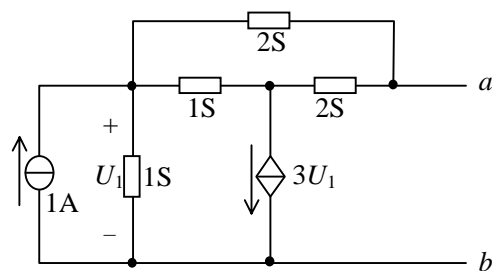


图 1



采用节点电压法列方程:

$$\begin{cases} (1+1+2)U_1 - U_2 - 2U = 1 \\ -U_1 + (1+2)U_2 - 2U = -3U_1 \\ -2U_1 - 2U_2 + (2+2)U = -I \end{cases} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{解之: } U = \frac{1}{16} - \frac{7}{16}I = 0.0652 - 0.438I$$

$$U_{oc} = 0.0652V \quad 2 \text{ 分}$$

$$R_o = 0.438\Omega \quad 2 \text{ 分}$$

戴维南等效电路如图 2 所示 2 分

解法 2: (1) 求开路电压  $U_{oc}$ : 原电路整理后如图 1 所示,

根据 KCL 得:

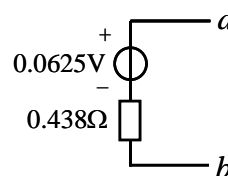


图 2

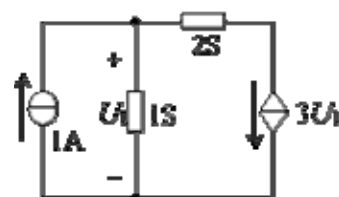


图 1

$$1 - U_1 \times 1 - 3U_1 = 0 \Rightarrow U_1 = \frac{1}{4} = 0.25V$$

由图 2 得:

$$1 - U_1 \times 1 - 2I_1 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{3}{8}A$$

$$U_{oc} = -I_1 \times \frac{1}{2} + U_1 = -\frac{3}{8} \times \frac{1}{2} + 0.25 = 0.0625V$$

3 分

(2) 求等效电阻  $R_o$

将 a、b 两点短路求短路电流  $I_{sc}$

$$I_{sc} = I_1 + I_2$$

根据 KCL 得

$$\begin{cases} 1 - U_1 \times 1 - I_1 - I_3 = 0 \\ I_3 - 3U_1 - I_2 = 0 \\ I_1 = U_1 \times 2 \\ I_3 = U_1 - \frac{I_2}{2} \end{cases} \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{解之: } \begin{cases} U_1 = 0.214V \\ I_1 = 0.428A \\ I_2 = 0.286A \end{cases}$$

$$I_{sc} = I_1 + I_2 = 0.428 - 0.286 = 0.142A$$

$$R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = \frac{0.0625}{0.142} = 0.44\Omega \quad 2 \text{ 分}$$

戴维南等效电路如图所示 2 分

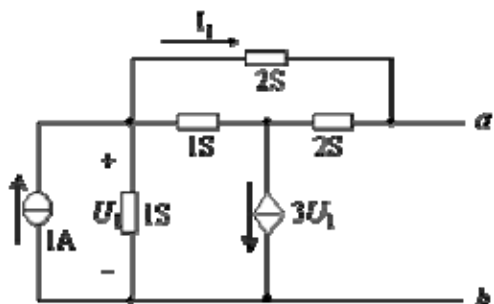
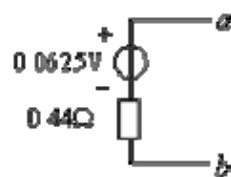
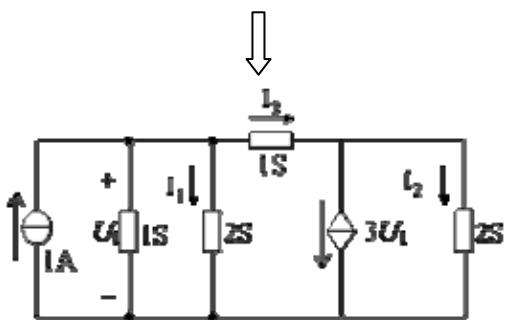
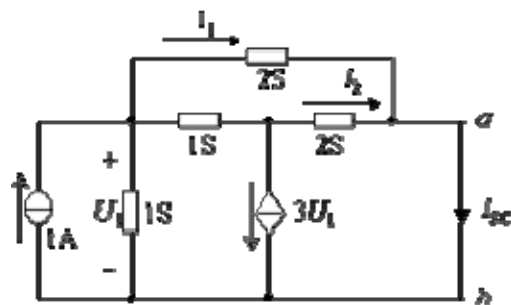


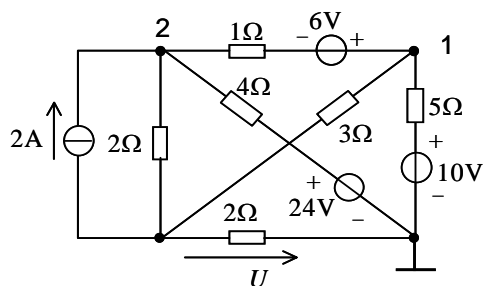
图2



三、求图示电路中电压  $U$ 。(8 分)

解: 用节点电压法求解, 设参考点如图所示。

列节点方程:



$$\begin{cases} (\frac{1}{5} + \frac{1}{3} + 1)U_1 - U_2 - \frac{1}{3}U = 6 + 2 \\ -U_1 - (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4})U_2 - \frac{1}{2}U = 2 - 6 + 6 \\ -\frac{1}{3}U_1 - \frac{1}{2}U_2 + (\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3})U = -2 \end{cases} \quad 4 \text{ 分}$$

整理得：

$$\begin{cases} 23U_1 - 15U_2 - 5U = 120 \\ -4U_1 + 7U_2 - 2U = 8 \\ -2U_1 - 3U_2 + 8U = -12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 11U_1 - 15U = 60 \\ 13U_2 - 18U = 32 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1 = \frac{1}{11}(60 + 15U) \\ U_2 = \frac{1}{13}(32 + 18U) \end{cases}$$

$$\frac{-2}{11}(60 + 15U) - \frac{3}{13}(32 + 18U) + 8U = -12$$

$$U = \frac{12 \times 13 \times 11 - 13 \times 2 \times 60 - 11 \times 3 \times 32}{(13 \times 2 \times 15 + 11 \times 3 \times 18 - 8 \times 13 \times 11)} = \frac{45}{8} = 5.625V \quad 4 \text{ 分}$$

四、RC 桥式正弦波振荡电路如图所示，已知  $C=2000\text{pF}$ ,  $R=10\text{k}\Omega$ ,  $R_1=15\text{k}\Omega$ ,  $R_2=15\text{k}\Omega$ ,  $R_3=39\text{k}\Omega$ 。试问该电路能否起振？若不能起振请提出改进方法使之起振；若能起振，振荡频率为多少？电路中二极管  $D_1$  和  $D_2$  起什么作用？

(8 分)

解：

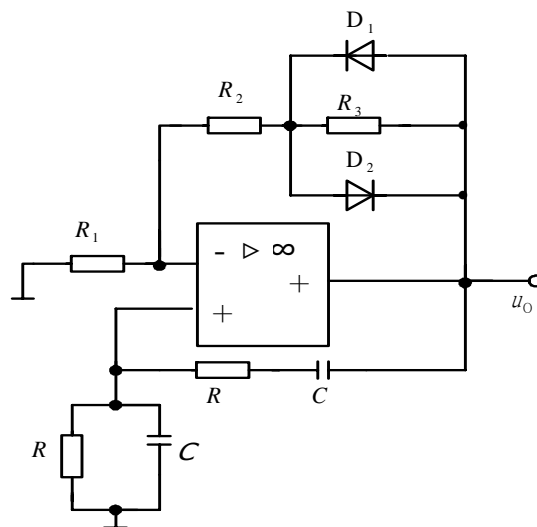
$$|A_u| = \frac{u_o}{u_i} = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} = 1 + \frac{15 + 39}{15} = 4.6 > 3$$

2 分

所以该电路可以起振。 2 分

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times 2000 \times 10^{-12}} \text{Hz} = 8\text{kHz}$$

2 分

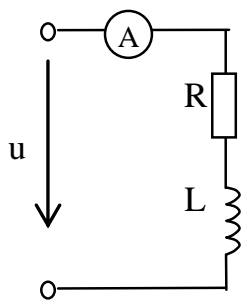


$D_1$  和  $D_2$  起稳幅作用。

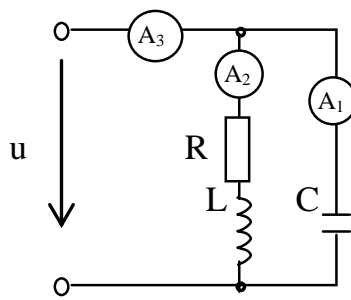
2 分

五、有一电感性负载，其阻抗角为  $30^\circ$ 。今欲并联电容来提高功率因数，设未并联电容前图

(a)，电流表 A 的读数为 5A；并联电容后图 (b)， $A_1 = A_2 = A_3 = 5\text{A}$ 。请绘相量图说明所并电容过小还是过大。(8 分)



(a)



(b)

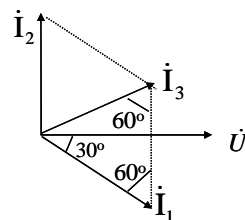
解：设  $\dot{U}$  为参考向量，画出向量图

5 分

由向量图可见， $\dot{I}_3$  超前  $\dot{U}$

说明并联的电容过大，使电路成了容性电路。

3 分



六、图示电路中，含源直流电阻电路  $N$  内不含有储能元件，电容也无初始( $t=0$ )储能，已知电路的响应为： $u(t) = 3 + 5e^{-10t} \text{ V } t \geq 0$ ，若将电路中电容元件换成无初始储能的  $10\text{mH}$

电感，求电路的响应  $u(t)$ ， $t \geq 0$ 。(8 分)

解：(1) 接电容时：

$$\tau = RC = 0.1s$$

$$R = 10K\Omega$$

$$\text{电容 } C \text{ 开路, } u(\infty) = 3V$$

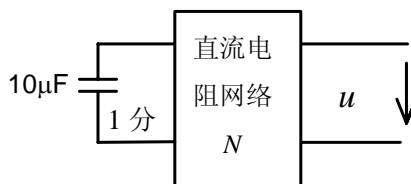
$$\text{电容 } C \text{ 短路, } u(0^+) = 8V$$

(2) 接电感时：

$$\tau = \frac{L}{R} = 10^{-6}s \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{电感 } L \text{ 开路, } u(0^+) = 3V \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{电感 } L \text{ 短路, } u(\infty) = 8V \quad 2 \text{ 分}$$



$$\text{由三要素法得: } u(t) = u(\infty) + [u(0^+) - u(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 8 - 5e^{-10^6 t} V \quad t \geq 0 \quad 1 \text{ 分}$$

七、某二端网络的端电压和电流采用关联参考方向，分别为

$$u(t) = 6 + 3 \sin 314t - 2 \cos(628t - \frac{\pi}{6}) + \sin(1570t + \frac{\pi}{3}) + 0.5 \cos(2836t - 15^\circ) \text{ V}$$

$$i(t) = \sin(314t - 50^\circ) + 0.5 \sin 628t + 0.1 \sin 2198t + \cos(1256t - \frac{\pi}{8}) + 0.25 \sin(2836t + 45^\circ) \text{ A}$$

求该网络的电压、电流的有效值和二端网络的平均功率。(5 分)

解：

(1) 有效值：

$$U = \sqrt{6^2 + \frac{1}{2}(3^2 + 2^2 + 1 + 0.5^2)} = 6.567 \text{ V} \quad 1.5 \text{ 分}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2}(1 + 0.5^2 + 0.1^2 + 1 + 0.25^2)} = 1.078 \text{ A} \quad 1.5 \text{ 分}$$

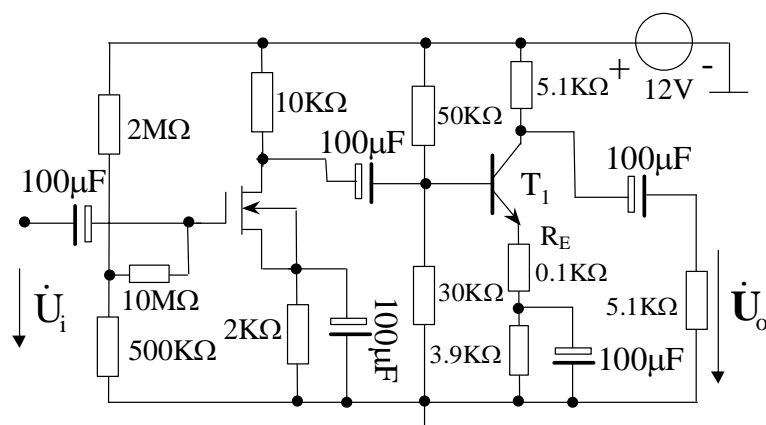
(2) 平均功率:

$$P = \frac{1}{2} \times 3 \times 1 \times \cos 50^\circ + \frac{1}{2} \times (-2) \times 0.5 \times \cos(-30^\circ) + \frac{1}{2} \times 0.5 \times 0.25 \times \cos(-15^\circ - 45^\circ) \quad 2 \text{ 分}$$

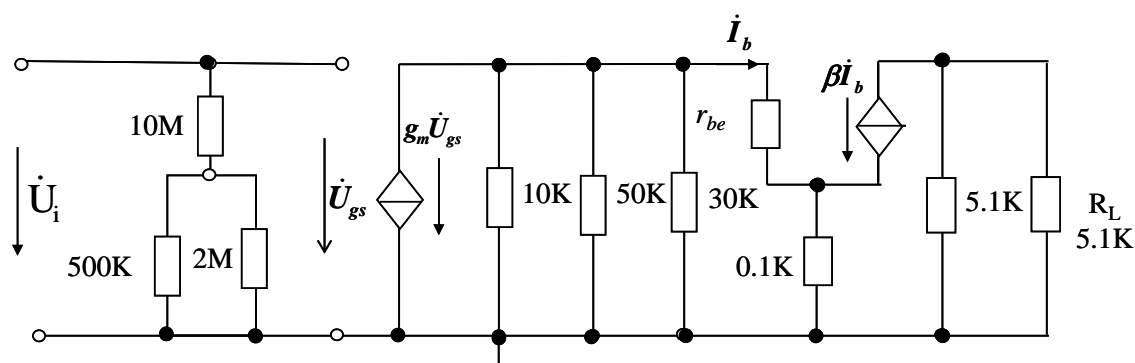
$$= 0.9642 - 0.433 + 0.03125 = 0.562 \text{ W}$$

八、在图示放大电路中，已知场效应管的 $g_m = 1 \text{ mA/V}$ ，双极性晶体管的 $\beta = 70$ ， $r_{be} = 2.37 \text{ K}\Omega$ 。求：

- (1) 画出放大电路的微变等效电路；
- (2) 计算放大电路的输入电阻和输出电阻；
- (3) 计算放大电路总的电压放大倍数。
- (4) 并指出电路中 $R_E$ 的反馈类型，它起什么作用？（18分）



解：(1) 微变等效电路 4 分



(2) 输入电阻和输出电阻

$$r_i = 10 + 2 // 0.5 = 10.4 \text{ M}\Omega;$$

$$r_o = 5.1 \text{ K}$$

2 分

2 分

(3) 总的电压放大倍数

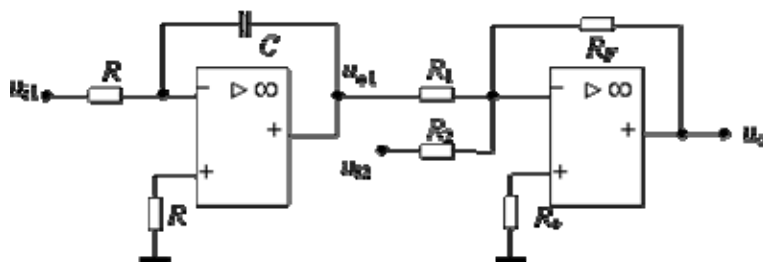
$$A_{u1} = -g_m(R_D // r_{i2}) = -1 \times \frac{10 \times 6.29}{10 + 6.29} = -3.86 \quad 3 \text{ 分}$$

$$A_{u2} = -\beta \frac{R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) \times 0.1} = -18.85 \quad 3 \text{ 分}$$

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} = -3.86 \times (-18.85) = 72.76 \quad 2 \text{ 分}$$

(4)  $R_E$  是交直流电流串联负反馈，其作用主要是提高第二级放大电路的输入电阻。 2 分

九、电路如图所示，试推导输出  $u_O$  与两输入  $u_{i1}, u_{i2}$  之间的运算关系式。(8 分)



解：第一级输出： $u_{o1} = -\frac{1}{RC} \int u_{i1} dt$  3 分

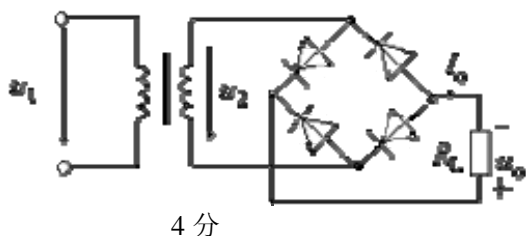
采用叠加法求  $u_O$

$$u'_O = -\frac{R_F}{R_1} u_{o1} = -\frac{R_F}{R_1} \times \left( -\frac{1}{RC} \int u_{i1} dt \right) = \frac{R_F}{R_1 RC} \int u_{i1} dt ; \quad u''_O = -\frac{R_F}{R_2} u_{i2}$$

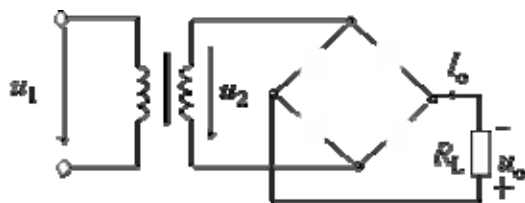
$$u_O = u'_O + u''_O = \frac{R_F}{R_1 RC} \int u_{i1} dt - \frac{R_F}{R_2} u_{i2} \quad 5 \text{ 分}$$

十、单相桥式整流电路如图所示，要求：(1) 由图示整流电压的极性，将 4 个二极管正确画入图中。(2) 若  $U_2=200V$ ,  $R_L=100\Omega$ , 求  $I_O$  及二极管承受的最高反向电压  $U_{DRM}$ 。(共 8 分)

解：(1) 4 个二极管接法如图所示



4 分



$$(2) I_O = \frac{U_O}{R_L} = \frac{0.9 U_2}{R_L} = \frac{0.9 \times 200}{100} = 1.8A \quad 2 \text{ 分}$$

$$U_{DRM} = \sqrt{2} U_2 = \sqrt{2} \times 200 = 282.8V \quad 2 \text{ 分}$$