

电子科技大学 2021-2022 学年第 2 学期期末考试 A 卷

考试科目： 电路分析与电子线路 考试形式： 闭卷 考试日期： 2022 年 6 月 20 日

本试卷由 6 部分构成，共 6 页。考试时长： 120 分钟

成绩构成比例：平时成绩 40 %，期末成绩 60 % （考试可用常规计算器）

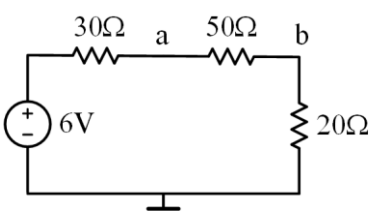
注：如果是 48 学时班学生，请涂黑 ☐ （注意题目分值要求 B，未标注与其他相同）。

题号	一	二	三	四	五	六	合计
得分							

得分

一、简算题 1（每题 5 分，共 20 分），B（48 学时班，每题 7.5 分，共 30 分）

1. 电路如下图所示，请计算 a 点电位和 b 点电位，及 ab 之间的电位差 U_{ab} 。

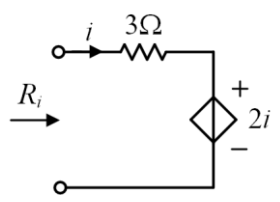


$$U_a = 6 \times \frac{50 + 20}{30 + 50 + 20} = 4.2V \quad \underline{(2 \text{ 分}) (48 \text{ 学时: } 3 \text{ 分})}$$

$$U_b = 6 \times \frac{20}{30 + 50 + 20} = 1.2V \quad \underline{(2 \text{ 分}) (48 \text{ 学时: } 3 \text{ 分})}$$

$$U_{ab} = U_a - U_b = 3V \quad \underline{(1 \text{ 分}) (48 \text{ 学时: } 1.5 \text{ 分})}$$

2. 求下图所示单端口网络的等效电阻 R_i 。

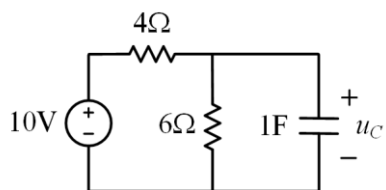


假设端口外加激励电压 u ，根据 KVL 定律：

$$u = 3i + 2i \quad \underline{(2 \text{ 分}) (48 \text{ 学时: } 3.5 \text{ 分})}$$

$$R_i = \frac{u}{i} = 5\Omega \quad \underline{(3 \text{ 分}) (48 \text{ 学时: } 4 \text{ 分})}$$

3、求下图所示稳态电路中电容两端的电压 u_c 和电容的储能。



当电路处于稳态时，电容相当于开路，

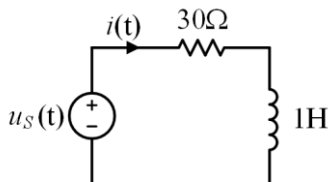
$$u_c = 10 \times \frac{6}{10} = 6V$$

(2分) (48学时: 3.5分)

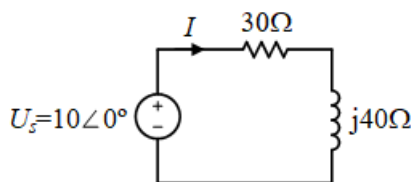
$$W_c = \frac{1}{2} \times C \times u_c^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 = 18J$$

(3分) (48学时: 4分)

4、下图所示正弦稳态电路中，已知 $u_s(t) = 10\sin(40t)$ V，画出其相量模型图，并计算电流 $i(t)$ 。



相量模型:



(2分) (48学时: 3分)

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{Z} = \frac{10\angle 0^\circ}{30 + j40} = 0.2\angle -53.1^\circ \text{ A}$$

(2分) (48学时: 3分)

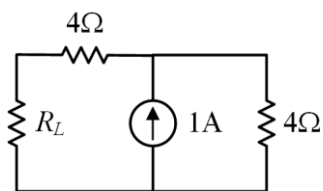
$$i(t) = 0.2\sin(40t - 53.1^\circ) \text{ A}$$

(1分) (48学时: 1分)

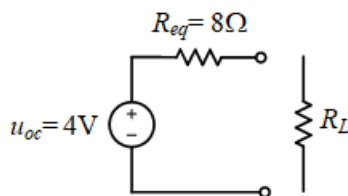
得分

二、简算题 2 (每题 10 份, 共 20 分),

1. 电路如下图所示, 请计算 R_L 取多大阻值时可以获得最大功率? 最大功率是多少?



戴维南等效电路为:



(5分)

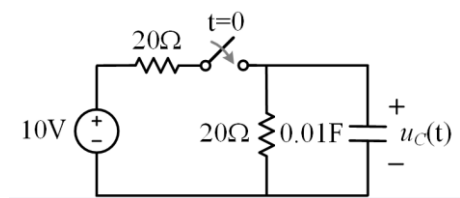
当 $R_L = R_{eq} = 8\Omega$ 时, R_L 可以获得最大功率

(2分)

$$\text{最大功率为 } P_{max} = \frac{u_{oc}^2}{4R_{eq}} = \frac{4^2}{4 \times 8} = 0.5W$$

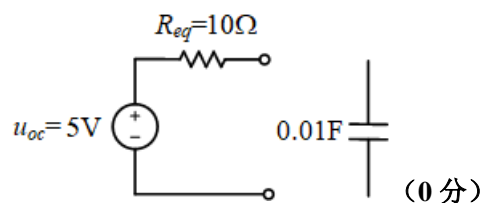
(3分)

2. 下图所示电路，开关导通之前，电路稳定，当时间 $t=0$ 时，开关导通，请计算当 $t \geq 0$ 时，电容上的电压 $u_c(t)$ 。



因开关导通之前电路处于稳态， $u_c(0-) = 0V$

开关闭合时， $u_c(0+) = u_c(0-) = 0V$



开关闭合时，电容两端的戴维南等效电路为：

初始电压： $u_c(0+) = u_c(0-) = 0V$ (2分)

稳态电压： $u_c(\infty) = 5V$ (2分)

时间常数： $\tau = RC = 10 \times 0.01 = 0.1s$ (3分)

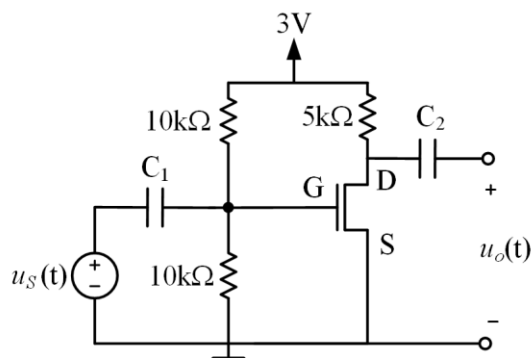
根据一阶 RC 电路的三要素法： $u_c(t) = [u_c(0) - u_c(\infty)]e^{-\frac{1}{RC}t} + u_c(\infty)$
 $= -5e^{-10t} + 5, (t \geq 0)$ (3分)

得 分

三、计算题 1 (20 分), B[48 学时班仅做 (1) 小问, 10 分]

如下图所示 MOS 管共源放大电路, 其中电容 C_1 和 C_2 为耦合电容, 作用为隔直流通交流, 即直流等效为开路, 交流等效为短路。已知 $V_T=1\text{ V}$, $K=1\text{ mA/V}^2$ 。

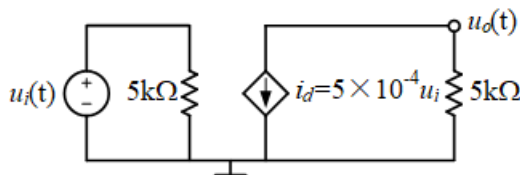
- (1) 当 $u_s(t)=0\text{ V}$ 时, 请计算 MOS 管漏极电流 I_D 的值。
- (2) 当 $u_s(t)=10\cos(10^3t)\text{ mV}$ 时, 请画出该电路的小信号电路模型, 并计算输出电压信号 $u_o(t)$ 。
- (3) 请画出输入电压 $u_s(t)$ 和输出电压 $u_o(t)$ 的波形草图。



(1) $V_{GS} = 3 \times \frac{10}{20} = 1.5\text{ V}$, 满足 $V_{GS} > V_T$ (2 分)

假设工作在饱和区: $I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{1}{2} (1.5 - 1)^2 = 0.125\text{ mA}$ (5 分)

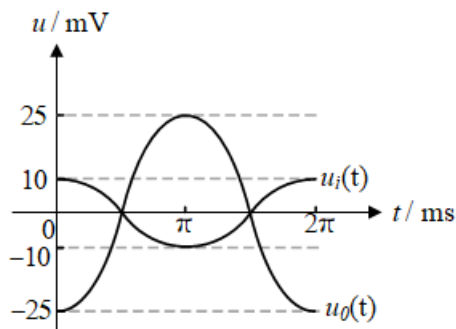
$V_{DS} = 3 - 5 \times 0.125 = 2.375\text{ V}$, 因为 $V_{DS} > V_{GS} - V_T$, 所以假设成立。 (3 分)



(2) 小信号电路模型为: (3 分)

$$g_m = K(V_{GS} - V_T) = 5 \times 10^{-4}\text{ S}$$

$$u_o(t) = -g_m R_L u_i(t) = -2.5 u_i(t) = -25 \cos(10^3 t) \quad (4 \text{ 分})$$



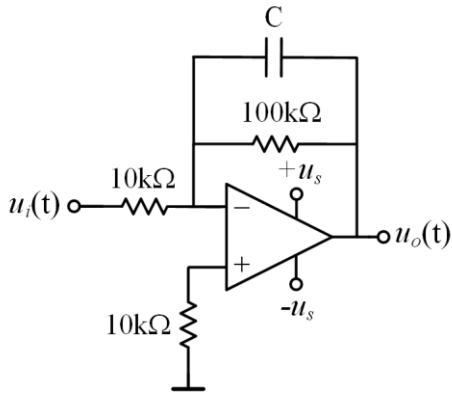
(3) 波形图为: (3 分)

得分

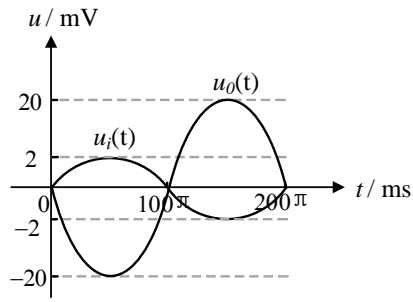
四、计算题 2 (20 分)

已知下图所示理想运算放大器工作在线性区, 输入电压 $u_i(t)=2\sin(10t)$ mV, 试求解:

- (1) 当 $C=0$ 时, 求输出电压 $u_o(t)$, 并画出输入输出电压对比波形草图;
 (2) 当 $C=1 \mu\text{F}$ 时, 求输出电压 $u_o(t)$, 并画出输入输出电压对比波形草图。



(1) 当 $C=0$ 时, $u_o(t) = -\frac{100k\Omega}{10k\Omega} u_i(t) = -20\sin(10t)\text{mV}$ (8 分)

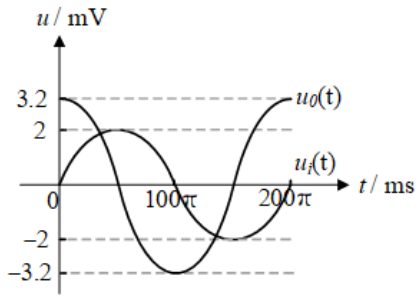


波形草图为:

(2) 当 $C=1 \mu\text{F}$ 时, (2 分)

$$A = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{1}{j\omega C + \frac{1}{100 \times 10^3}} = -\frac{1}{j10 \times 10^{-6} + \frac{1}{100 \times 10^3}} \approx 5\sqrt{2} \angle -45^\circ$$

因此, $u_o(t) = Au_i(t) = 10\sin(10t - 45^\circ)\text{mV}$ (8 分)



波形草图为:

(2 分)

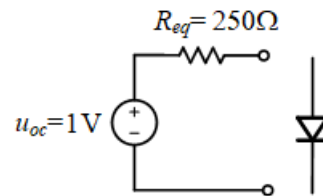
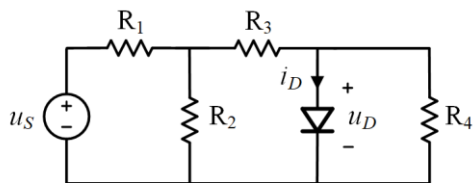
得 分

五、计算题 3 (10 分)

已知下图所示电路中二极管两端电压和电流关系满足 $i_D = I_s (e^{u_D/V_{TH}} - 1)$ ，其中

$I_s = 1 \times 10^{-9} \text{ A}$ ， $V_{TH} = 25 \text{ mV}$ ，且 $R_1 = 500 \Omega$ ， $R_2 = 500 \Omega$ ， $R_3 = 250 \Omega$ ， $R_4 = 500 \Omega$ 。

- (1) 当 $u_s = 4 \text{ V}$ 时，请计算并画出连接二极管两端电路的戴维南等效电路。
- (2) 当 $u_s = 4 \text{ V}$ 时，请计算二极管的电流 I_D (二极管等效为理想二极管和 0.6 V 电压源串联)。
- (3) 当 $u_s = 4 + 0.001 \cos(10t) \text{ V}$ 时，请计算二极管的小信号等效电阻 r_d 和电流 $i_D(t)$ 。



- (1) 当 $u_s = 4 \text{ V}$ 时，戴维南等效电路为

(3 分)

$$u_{oc} = 1 \text{ V}, R_o = 250 \Omega$$

$$(2) I_D = \frac{1 - 0.6}{250} = 1.6 \text{ mA}$$

(2 分)

$$(3) r_d = \frac{V_{TH}}{I_D} = 15.625 \Omega,$$

(2 分)

$$i_d = \frac{u_s}{4} \frac{1}{R_o + r_d} = \cos(10t) \frac{0.25}{250 + 15.625} \approx 0.94 \cos(10t) \mu\text{A}$$

(2 分)

$$i_D = I_D + i_d = [1.6 + 0.06 \cos(10t)] \text{ mA}$$

(1 分)

得分

座位号

考场教室

任课教师

学号

姓名

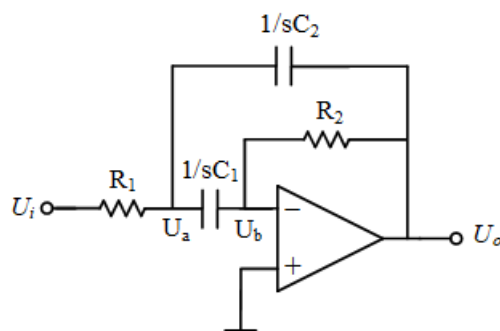
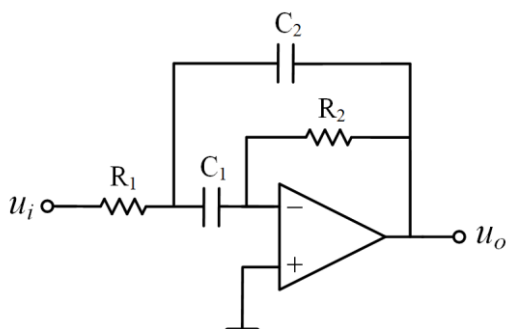
学院

效无题答内以线封密

六、分析设计题 (10 分)

已知有源带通滤波器电路如下图所示，其运算放大器工作在线性区，试分析求解：

- (1) 请画出该电路的阻抗模型。
- (2) 请推导出电压传输函数 $H(s)=U_o/U_i$ 。
- (3) 请根据电压传输函数 $H(s)$ 求出带通滤波器中心频率 f_0 和带宽 B 的表达式。
- (4) 利用该电路设计一个中心频率为 **10MHz**，带宽为 **200kHz** 的带通滤波器。
(电阻值有 1Ω 、 10Ω 、 100Ω 、 $1k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $100k\Omega$ 可选，电容值不限)。



(1) 阻抗模型为

(2 分)

(2) 根据 KCL 定律列方程：

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_a - U_i}{R_1} + \frac{U_a - U_o}{\frac{1}{sC_2}} + \frac{U_a - U_b}{\frac{1}{sC_1}} = 0 \\ \frac{U_b - U_a}{\frac{1}{sC_1}} + \frac{U_b - U_o}{R_2} = 0 \\ U_b = 0 \end{array} \right.$$

(2 分)

$$\text{电压传输函数 } H(s) = \frac{U_o}{U_i} = - \frac{s \frac{1}{C_2 R_1}}{s^2 + s \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

(2 分)

(3) 中心频率: $f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$ (1分)

带宽: $B = \frac{1}{2\pi} \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R_2}$ (1分)

(4) 选择 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , 使得同时满足 $f_0=10\text{MHz}$, $B=200\text{kHz}$ (2分)

$$\begin{cases} C_1 C_2 R_1 R_2 \approx 2.53 \times 10^{-16} \\ \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R_2} \approx 1.26 \times 10^6 \end{cases}$$

一种选择方案如下:

$R_1=1\Omega$, $R_2=10\text{k}\Omega$

$C_1=C_2=0.15\text{nF}$

$f_0 \approx 10\text{MHz}$, $B \approx 200\text{kHz}$