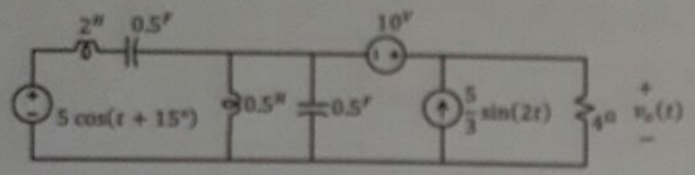
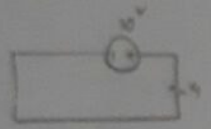
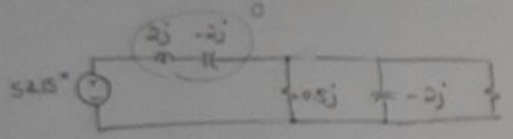
۱- مدار زیر پاسخ حالت دائمی $v_o(t)$ را بدست آورید.



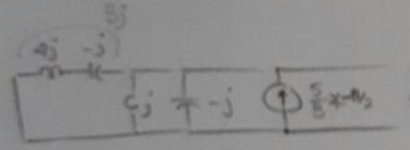
$$v_o(t) = 10 + 5\cos(t+15^\circ) + 4\cos(2t-36.9^\circ)$$



$V_{o_{dc}} = 10$



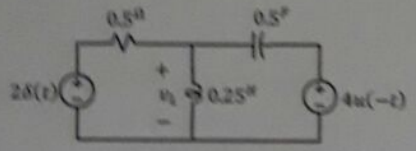
$\dot{V}_o = 5\angle 15^\circ$



$V_o = \frac{5}{3}\angle -90 \times (4 \parallel 3j) = 4\angle -36.9$

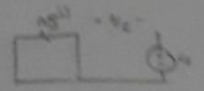
$2.4 \angle 53.1$

۲- برای مدار روبرو v_2 را برای تمام زمان‌ها بدست آورید. (توجه کنید منبع $4u(-t)$ است)



$$v_2(t) = \begin{cases} 0 & t<0 \\ 4e^{-2t}(\cos 2t - \sin 2t) & t>0 \end{cases}$$

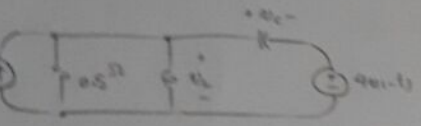
$t<0$



$v_c(0^-) = -4^V$

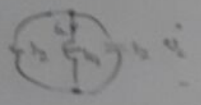
$i_L(0^-) = 0$

$t=0$



$$v_c(0^+) = v_c(0^-) + \frac{1}{C}\int_{0^-}^{0^+} i_c(\tau)\,d\tau = -4 + 8 = 4^V$$

$t>0$



$v_c(0^+) = 4$

$i_L(0^+) = 0$

مشتق‌گیری

$$s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$$

$$s^2 + 4s + 8 = 0$$

$$s_{1,2} = -2 \pm \sqrt{4-8} = -2 \pm 2j$$

پس $v_2(t) = v_c(t) = (A\sin 2t + B\cos 2t)e^{-2t}$

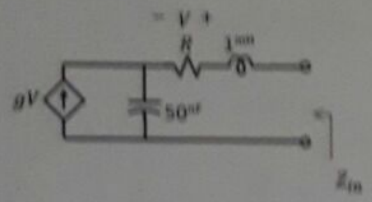
$v_c(0^+) = 4$

$i_L(0^+) = 0$ $\longrightarrow$ $\begin{cases} B = 4 \\ A = -4 \end{cases}$ $\longrightarrow v_2(t) = 4e^{-2t}(\cos 2t - \sin 2t)$

۴- در مدار روبرو

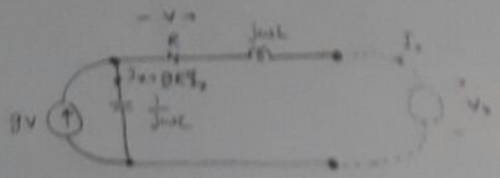
الف) امپدانس ورودی را بر حسب R و g بنویسید.

ب) اندازه R و g را به‌نحوی تعیین کنید که فرکانس رزونانس مدار $60kHz$ و ضریب کیفیت مدار $Q = 50$ باشد. (دقت کنید فرکانس رزونانس بر حسب Hz داده شده و نه rad/sec).

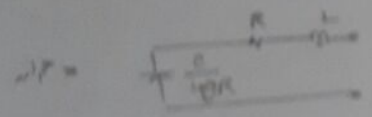


$$Z_{in}(j\omega) = R + j\omega \cdot 1^{mH} + \frac{1+\beta R}{j\omega(50^{nF})}$$

$$R = 7.54 \qquad g = 0.8$$



$$Z_{in} = \frac{V_x}{I_x} = R + j\omega L + \frac{1+\beta R}{j\omega C}\Bigg|_{\substack{L=1^{mH} \\ C=50^{nF}}}$$



$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \longrightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1+\beta R}{LC}} \quad , \quad Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

$$Q = 50 = \frac{2\pi \times 60^k \times 1^m}{R} \longrightarrow R = 7.54$$

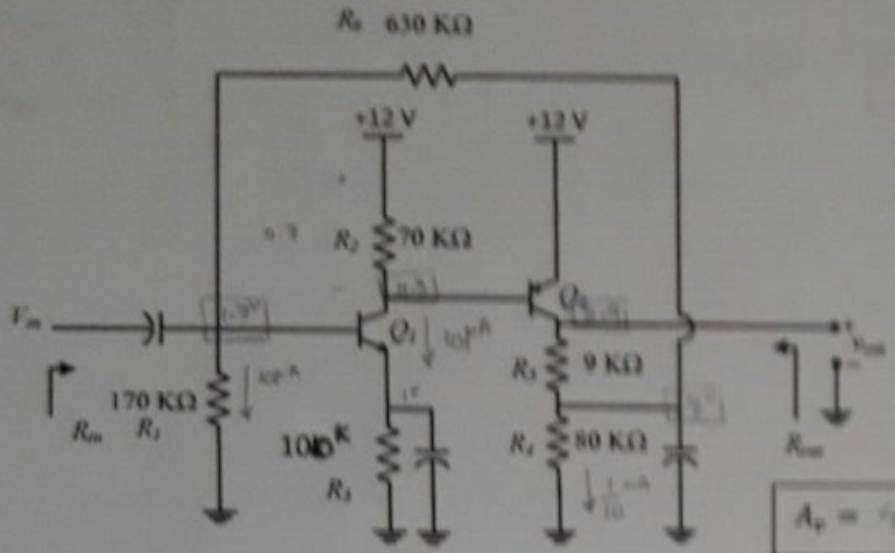
$$\omega_0 = 2\pi \times 60^k = \sqrt{\frac{1+\beta R}{50^n \times 1^m}} \longrightarrow 1+\beta R = 7.1 \rightarrow \beta = 0.8$$

۴- در مدار زیر با فرض $\beta = 200 , V_A = \infty , nVT = 25mv , V_{CE,sat} = 0.2 , V_{BE} = 0.7$ مطلوبست

الف) تعیین مقادیر همه جریان ها و ولتاژ های مقاومت ها و ترانزیستورهای مدار در حالت بایاس DC

ب) مدل سیگنال کوچک مدار را رسم کنید

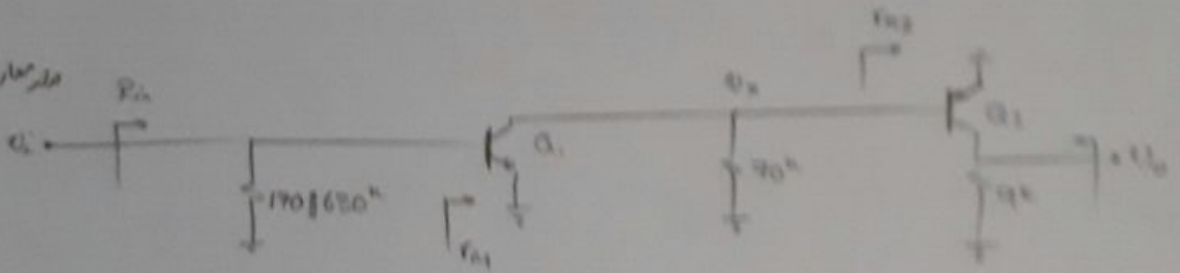
ج) بهره (gain) مدار به همراه مقاومت ورودی و خروجی آن را محاسبه کنید. (راهنمایی: خازنها در فرکانس های میانی اتصال کوتاه فرض می شوند.)



	Q_1	Q_2
$I_C[mA]$		
$V_{CE}[V]$		

$A_v =$ ۴۲۰ $, R_i =$ ۱۰۵.۶ kΩ $, R_o =$ ۹ kΩ

مدار معادل ac



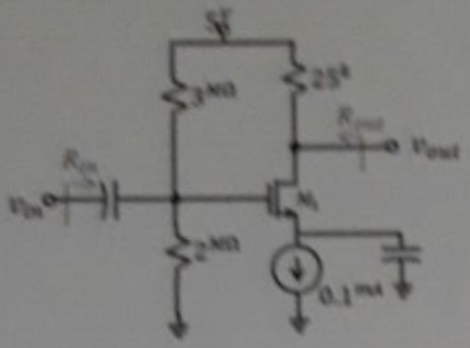
$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{v_o}{v_x} \cdot \frac{v_x}{v_{in}} = (-g_{m_2} 9^k) \cdot (-g_{m_1} \cdot (70^k \parallel r_{o_2})) = \frac{9^k}{230^k} \cdot \frac{80^k \parallel 150^k}{0.5^k} = 420$$

$$R_{in} = 170^k \parallel 630^k \parallel \frac{200^k}{r_{o_1}} = 105.6^{k\Omega}$$

$$R_{out} = 9^k$$

۵- رابطه جریان-ولتاژ ترانزیستورهای nMOS بصورت $I_D = \frac{1}{2}k_n(V_{GS} - V_T)^\alpha$ است. برای تکنولوژی‌های قدیمی $\alpha = 2$ و برای تکنولوژی امروزه $\alpha = 1.5$ می‌باشد. در مدار روبرو فرض کنید $V_T = 0.4^V, k_n = \mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = 0.2^{mA/V^2}$ است.

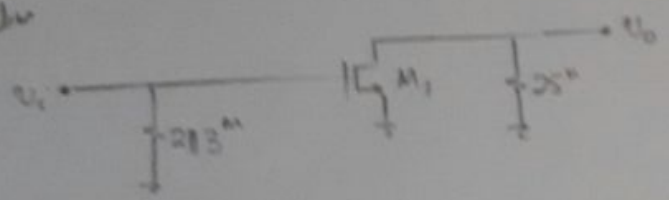
بهره ولتاژ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی مدار داده شده را به ازای این دو مقدار α بدست آورید.



	$\alpha = 2$	$\alpha = 1.5$
$A_v =$	-5	-3.95
$R_{in} =$	1.2^M	1.2^M
$R_{out} =$	25^Ω	25^Ω

$I_D = 0.1^{mA} = 0.1(V_{GS} - V_T)^\alpha \longrightarrow V_{GS} - V_T = 1$ به ازای هر α ✓ $V_{GS} > V_{GS} - V_T$

به ازای هر α



$A_v = -g_m \times 25^\Omega = \begin{cases} -5 & (\alpha=2) \\ -3.75 & (\alpha=1.5) \end{cases}$

$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \frac{\alpha}{2}k(V_{GS} - V_T)^{\alpha-1} = \begin{cases} 0.2 & (\alpha=2) \\ 0.15 & (\alpha=1.5) \end{cases}$

$R_{in} = 2\|3^M = 1.2^M$ مستقل از α

$R_{out} = 25^\Omega$