به نام خدا
دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آزمایشگاه الکترونیک 1

نیمسال دوم (00-99)

استاد: خانم مهندس خودکاری

پروژه شماره دوم

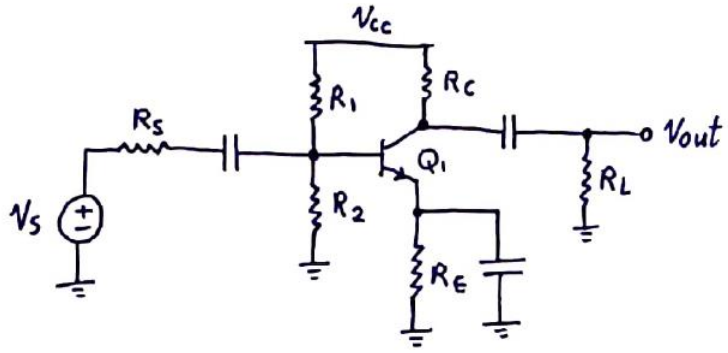
محمدمهدی عبدالحسینی

810 198 434

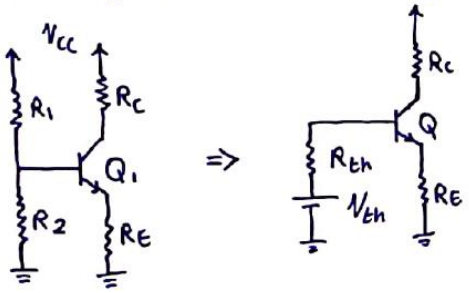
Electronics Laboratory 1

فهرست مطالب

بخش اول : تحلیل دستی



DC) $I_{CQ} = ?$



$$\begin{cases} V_{th} = V_{CC} \times \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} \\ R_{th} = R_1 \| R_2 = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{cases}$$ (III)

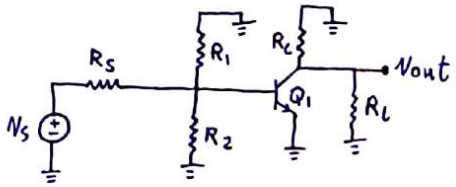
$$KVL: \quad V_{th} = R_{th}\frac{I_{CQ}}{\beta} + V_{BE} + R_E I_{CQ}$$

$$\longrightarrow \quad I_{CQ} = \frac{V_{th} - V_{BE(ON)}}{\frac{R_{th}}{\beta} + R_E} \quad (3)$$

(4) $R_E = 10\frac{R_{th}}{\beta}$ ← پایداری نسبت به تغییرات بتا *

$$KVL: \quad V_{CC} = R_C I_{CQ} + V_{CEQ} + R_E I_{CQ} \quad (1) \longrightarrow V_{CEQ} \checkmark$$

AC) $g_m = \dfrac{I_{CQ}}{V_T}$; $r_\pi = \dfrac{\beta}{g_m}$



$R_{in} = R_1 \| R_2 \| r_\pi \lesssim 5k\Omega$

$R_{out} \approx R_C$

$A_V = -g_m(R_C \| R_L)$

$|A_{VS}| = \dfrac{R_{in}}{R_{in} + R_S} \times |A_V| \gtrsim 80$

$R_{ac} = R_C \| R_L \longrightarrow$ ac L.L. : $v_{CE} - V_{CEQ} = -R_{ac}(i - I_{CQ})$

ماکسیمم سوئینگ متقارن $\longrightarrow V_{CEQ} = \frac{a + V_{CE(sat)}}{2}$; $a - V_{CEQ} = R_{ac} I_{CQ}$

$\longrightarrow 2V_{CEQ} = V_{CEQ} + R_{ac} I_{CQ} + V_{CE(sat)} \longrightarrow V_{CEQ} = R_{ac} I_{CQ} + V_{CE(sat)}$ ②

②, ① $\longrightarrow \begin{cases} V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) \\ V_{CEQ} = R_{ac} I_{CQ} + V_{CE(sat)} \end{cases} \longrightarrow I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_{ac} + R_C + R_E}$ (*)

③, ④ $\longrightarrow I_{CQ} = \frac{V_{th} - V_{BE(ON)}}{1.1 R_E}$ (**)

فرض : $\begin{cases} R_{in} = 5k\Omega \\ R_s = 1k\Omega \\ |A_{Vs}| = 80 \end{cases} \longrightarrow |A_{Vs}| = \frac{5}{6}|A_V| = 80 \longrightarrow |A_V| = 96$

$\longrightarrow 96 = g_m(R_C \| R_L)$; برای ساده‌تر شدن $\longrightarrow$ فرض : $R_L = \infty$

$\Rightarrow 96 = g_m R_C$; $g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} = \frac{I_{CQ}}{26\times10^{-3}} \longrightarrow R_C = \frac{96}{g_m} = \frac{96\times26\times10^{-3}}{I_{CQ}} \approx \frac{2.5}{I_{CQ}}$

$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$; فرض : $\beta = 120 \longrightarrow r_\pi = \frac{120}{g_m} = \frac{120}{I_{CQ}} \times 26\times10^{-3} = \frac{3.12}{I_{CQ}}$

$R_{in} = R_{th} \| r_\pi = \frac{R_{th} r_\pi}{R_{th} + r_\pi} = 5k\Omega \longrightarrow R_{th} = \frac{5 r_\pi}{r_\pi - 5} = \frac{5\times\frac{3.12}{I_{CQ}}}{\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5}$

④ $\longrightarrow R_E = \frac{10}{\beta} R_{th} = \frac{1}{12} \times \frac{5\times\frac{3.12}{I_{CQ}}}{\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5}$; $R_{ac} = R_C \| R_L \xrightarrow{R_L = \infty} R_{ac} = R_C$

(*) : $I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{2\times\frac{2.5}{I_{CQ}} + \frac{1}{12}\times\frac{5\times\frac{3.12}{I_{CQ}}}{\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5}} \longrightarrow 5 + \frac{\frac{5\times3.12}{12}}{\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5} = V_{CC} - V_{CE(sat)}$

$\begin{cases} V_{CC} = 12V \\ V_{CE(sat)} = 0.2V \end{cases} \longrightarrow \frac{5\times3.12}{12} = 6.8\left(\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5\right) \longrightarrow \frac{3.12}{I_{CQ}} \approx 5.2$

$$\longrightarrow I_{CQ} \approx 0.6\ mA$$

$$\longrightarrow R_C = \frac{2.5}{I_{CQ}} \approx 4.2\ k\Omega$$

$$\longrightarrow R_{th} = \frac{5 \times \frac{3.12}{I_{CQ}}}{\frac{3.12}{I_{CQ}} - 5} \approx 130\ k\Omega \longrightarrow R_E = \frac{10}{\beta} R_{th} \approx 10.83\ k\Omega$$

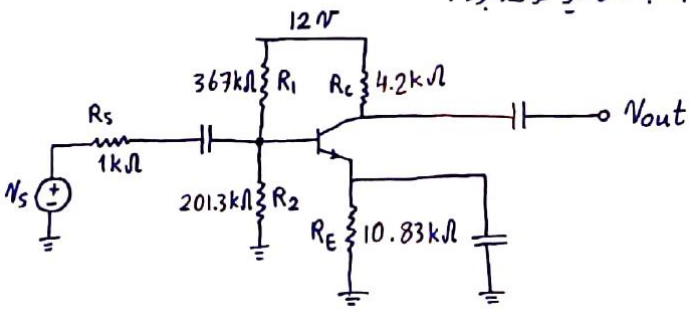
$$(**): \quad I_{CQ} = \frac{V_{th} - V_{BE(ON)}}{1.1\, R_E} \longrightarrow V_{th} = 1.1\, I_{CQ} R_E + V_{BE(ON)}$$

فرض: $V_{BE(ON)} = 0.6V \longrightarrow V_{th} = 1.1 \times 0.6 \times 10.83 + 0.6 \approx 7.75V$

(III): $$\frac{V_{th}}{R_{th}} = \frac{V_{cc}}{R_2} \longrightarrow R_2 = \frac{V_{cc}}{V_{th}} \times R_{th} \approx 201.3\ k\Omega$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \longrightarrow R_1 (R_2 - R_{th}) = R_2 R_{th} \longrightarrow R_1 = \frac{R_2 R_{th}}{R_2 - R_{th}} \approx 367\ k\Omega$$

بنابراین با توجه به مقادیر بدست آمده، مدار خودمان به شکل زیر خواهد بود:



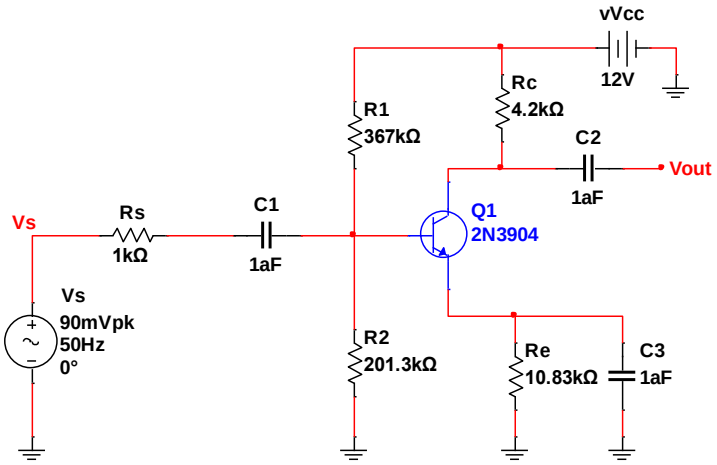
اکنون کافیست V_S را به گونه‌ای تعیین کنیم که ماکسیمم سوئینگ متقارن داشته باشیم:

$$\Delta V_S = \frac{\Delta V_{out}}{|AV_S|} = \frac{\Delta V_{CE}}{|AV_S|} \quad ; \quad \Delta V_{CE} = R_{ac} I_{CQ} = R_C I_{CQ} = 7.2\ V$$

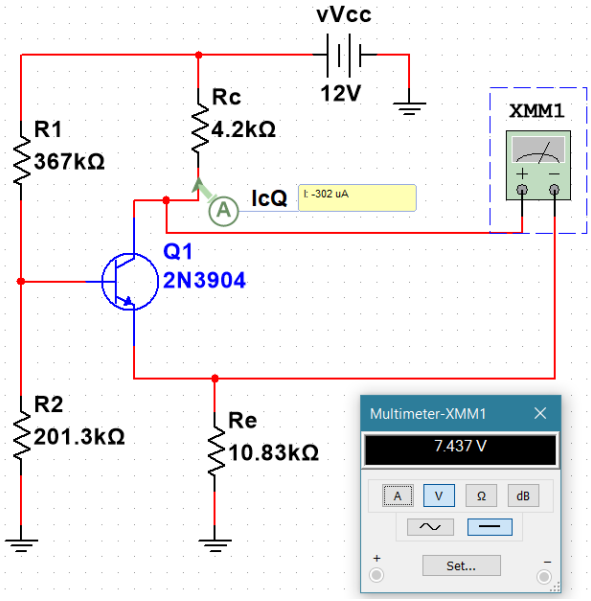
$$\longrightarrow \Delta V_S = \frac{7.2}{80} = 0.09\ V = 90\ mV$$

بخش دوم : شبیه‌سازی

شماتیک مدار :



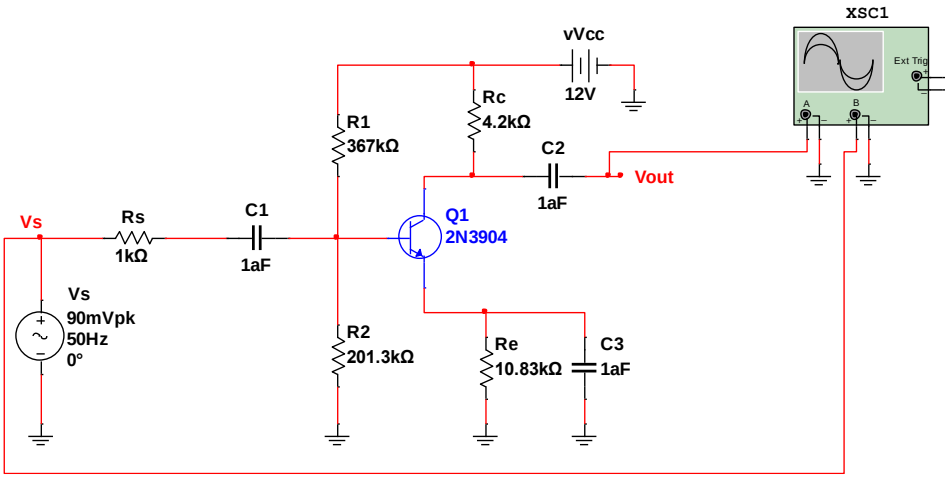
تحلیل DC :

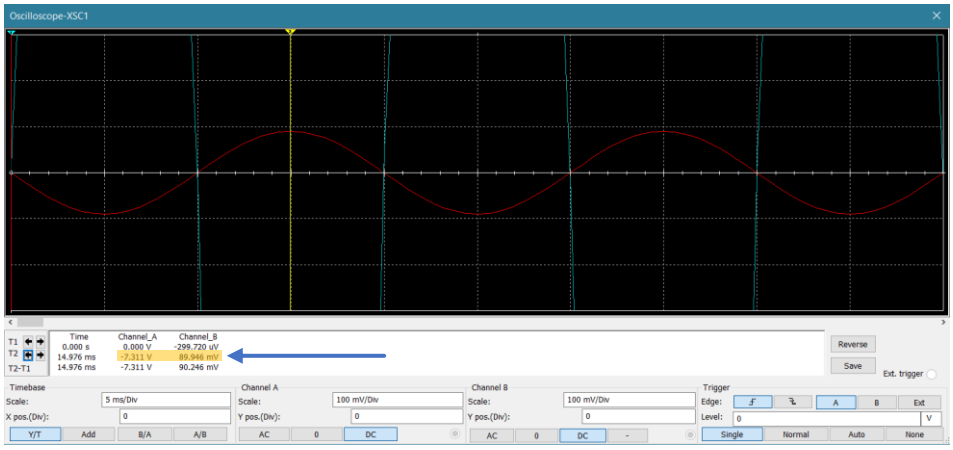


$$I_C \approx 0.3mA$$

$$v_{CEQ} \approx 7.437v$$

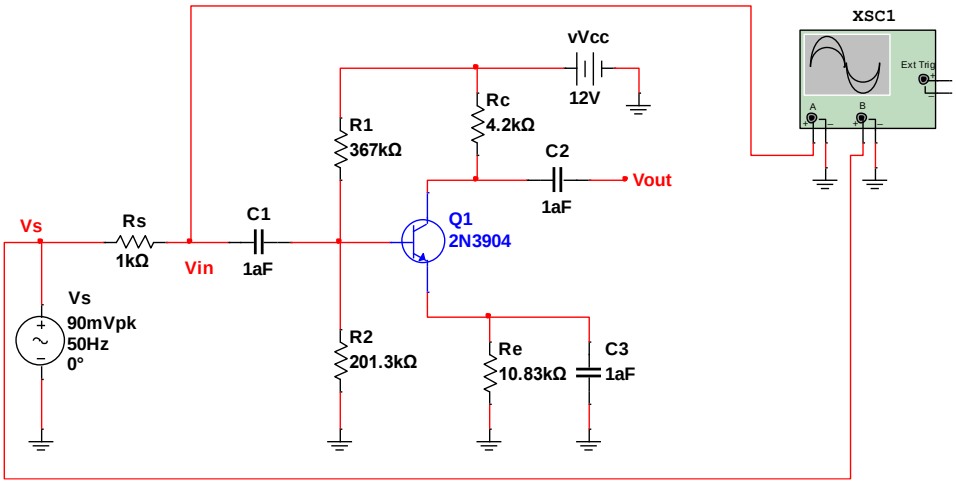
محاسبه بهره :

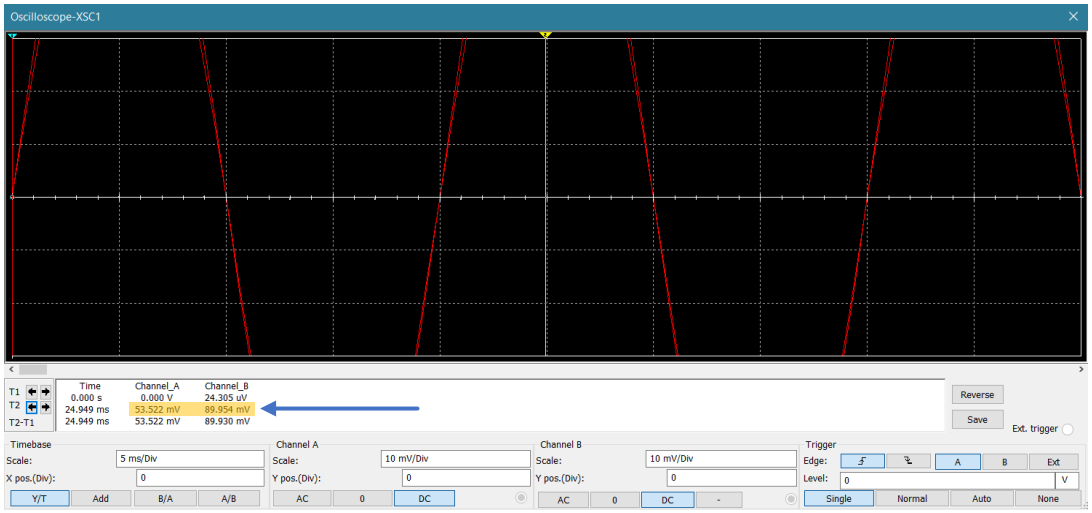




$$A_{v_s} = \frac{v_{out}}{v_s} \approx -\frac{7.3}{90\times10^{-3}} \approx 81.3$$

محاسبه مقاومت ورودی :





$$\frac{v_{in}}{v_s} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_s} \approx \frac{53.522}{89.954} \approx 0.595 \rightarrow (1 - 0.595)R_{in} = 0.595R_s = 0.595$$

$$\rightarrow \quad R_{in} \approx 1.48\ k\Omega$$