

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ
-----o0o-----



Applied Electronics
Chapter 1 – Amplifiers and Pulse Circuits

EXERCISE CHAPTER 1

GVHD: Th.s Nguyễn Trung Hiếu

Họ và tên	MSSV
Lý Đoàn Dự	2210631
Nguyễn Tấn Tài	2151252
Hà Lê Ngọc Hưng	2211358

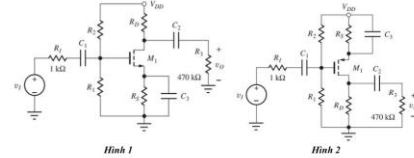
TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 10 NĂM 2025

Bài 1:

Câu 1: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Các tụ C_1 , C_2 và C_3 có giá trị rất lớn.

Hình 1: Các giá trị $R_1 = 500k$, $R_2 = 1.4M$, $R_S = 33k$, $R_D = 82k$, $V_{DD} = 16V$. Mosfet có $K_n = 250 \mu A/V^2$, $V_{TN} = 1.2V$ và $V_A = \infty$.

Hình 2: Các giá trị $R_1 = 2.2M$, $R_2 = 2.2M$, $R_S = 22k$, $R_D = 18k$ và $V_{DD} = 20V$. Fet có $K_n = 400 \mu A/V^2$, $V_{TN} = -1.5V$ và $V_A = \infty$.



Ở mỗi hình, hãy:

- Vẽ VTC của mạch và tìm điểm hoạt động Q của fet.
- Đặt $v_i = V_m \sin(\omega t)$ vào mạch.
- Tìm $A_{v_{mid}}$, A_v , G_v , R_o , R_{ic} của mạch.
- Tìm biên độ lớn nhất của V_m để sóng ngõ ra không méo dạng.
- Lựa chọn các tụ C_1 , C_2 và C_3 để mạch có $f_L = 100Hz$.

Bài 1 hình 1)

a)

Chia áp giữa điện trở R_1 và R_2 : $V_G = V_{DD} \cdot R_1 / (R_1 + R_2) = 16 \cdot 500k / (500k + 1.4M) = 4.21V$

Giả sử Fet hoạt động bão hòa: $I_D = \frac{1}{2} \cdot K_n \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2$

Mà: $V_{GS} = V_G - V_S = 4.21 - 33I_D \rightarrow I_D = \frac{1}{2} \cdot 0.25 \cdot (4.21 - 33I_D - 1.2)^2$

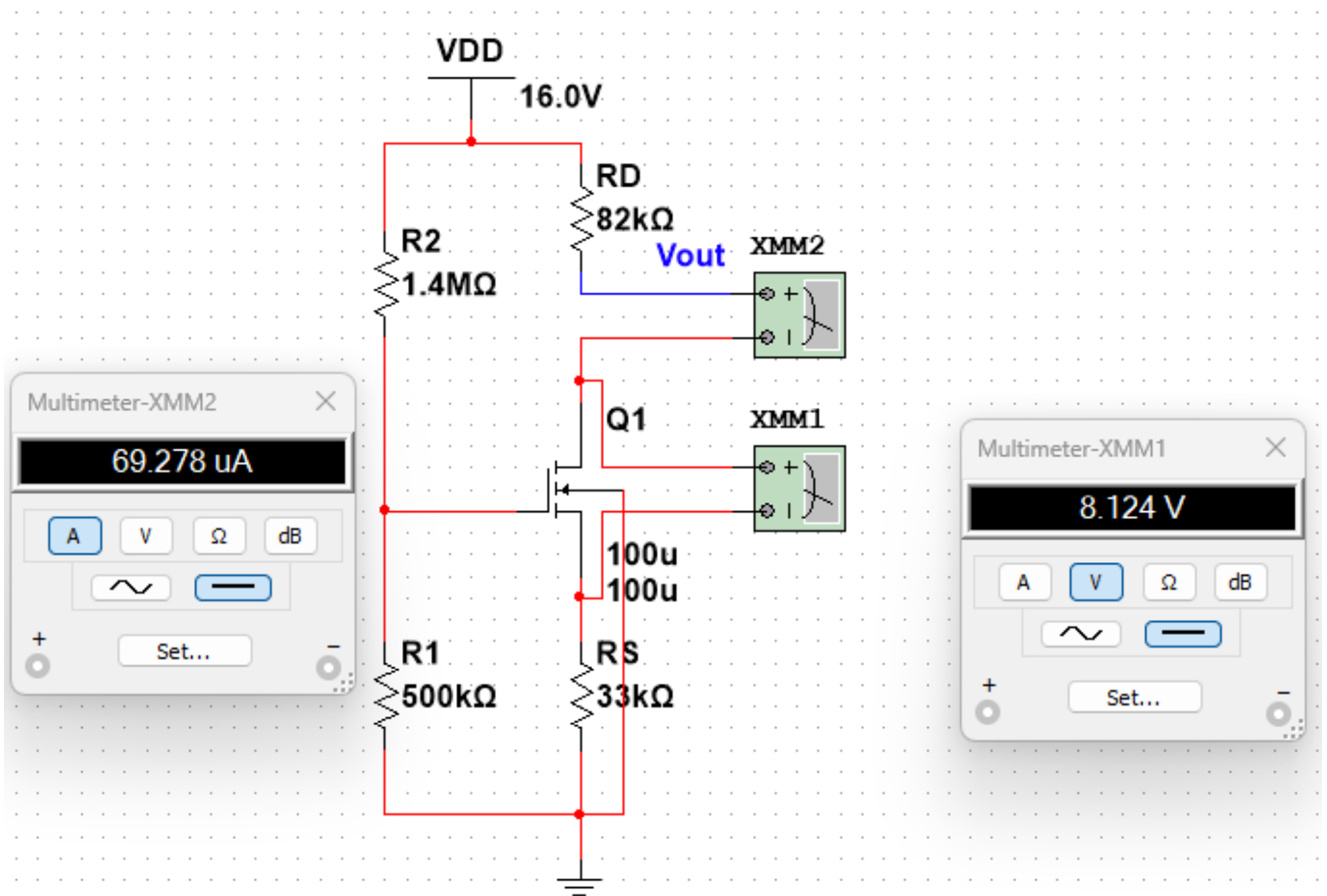
$\rightarrow I_D = 0.0687mA$ hoặc $I_D = 0.121mA$

Với $I_D = 0.121mA$ thì: $V_{GS} = 4.21 - 33k \cdot 0.121m = 0.217V < V_{TN} \rightarrow$ Loại

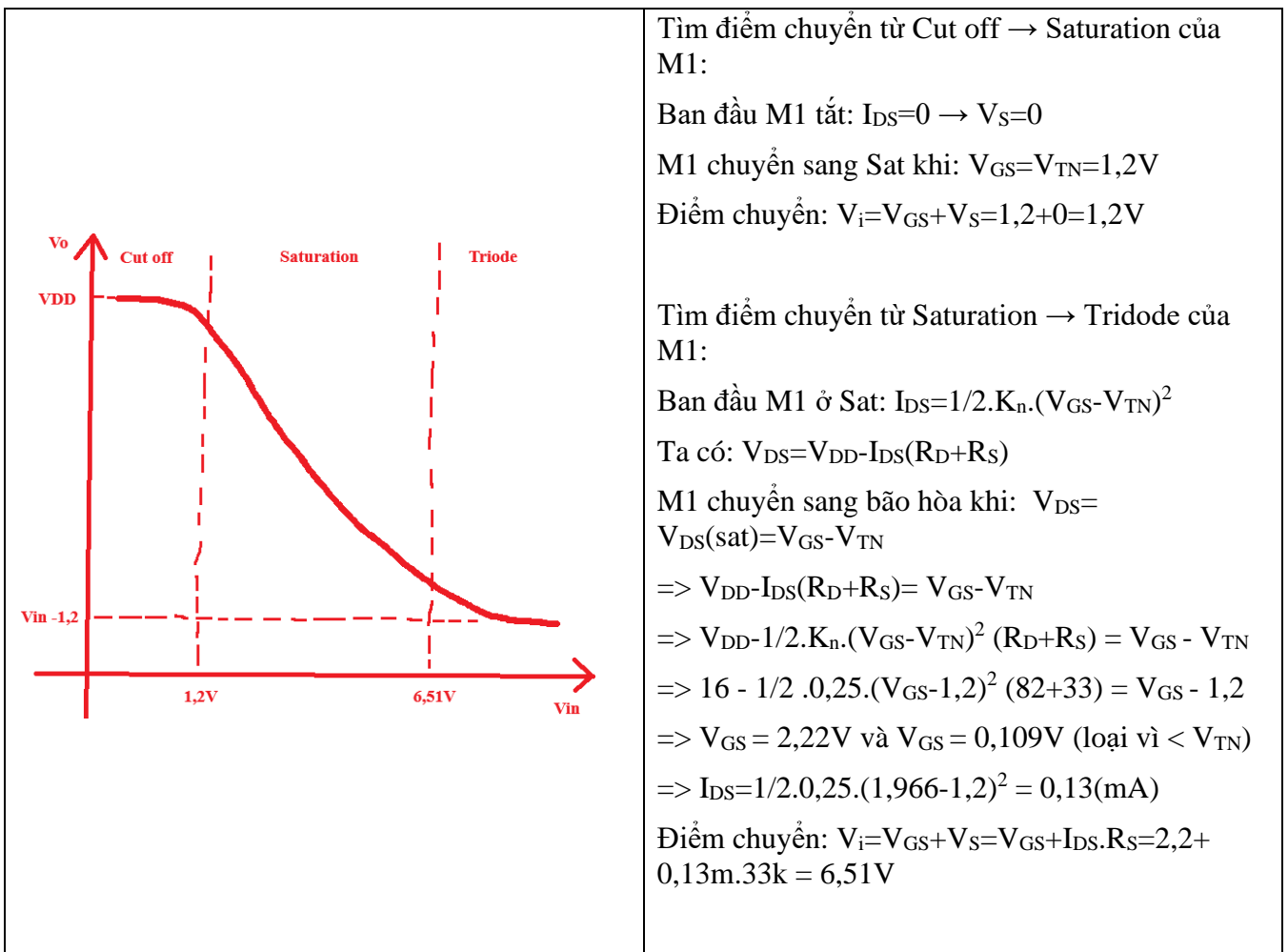
Với $I_D = 0.068mA$ thì: $V_{GS} = 4.21 - 33k \cdot 0.068m = 1.966V > V_{TN} = 1.2V$

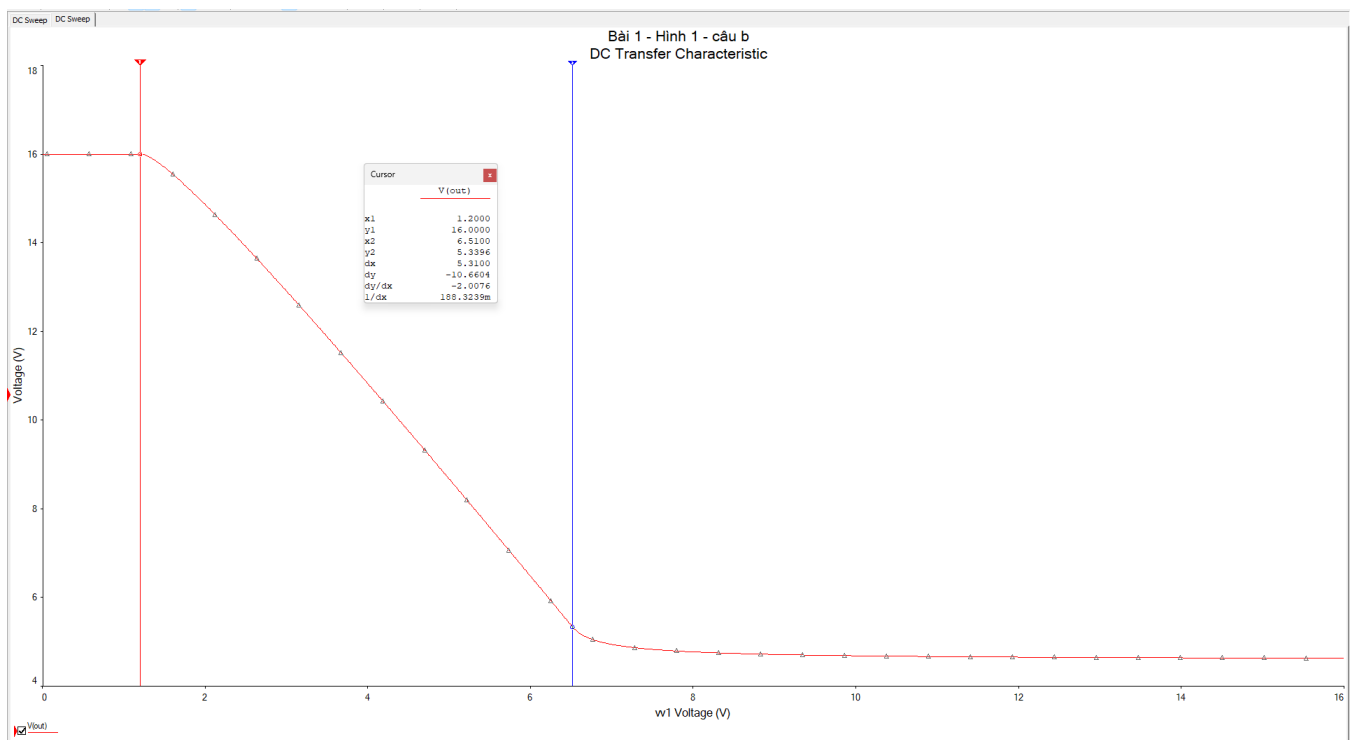
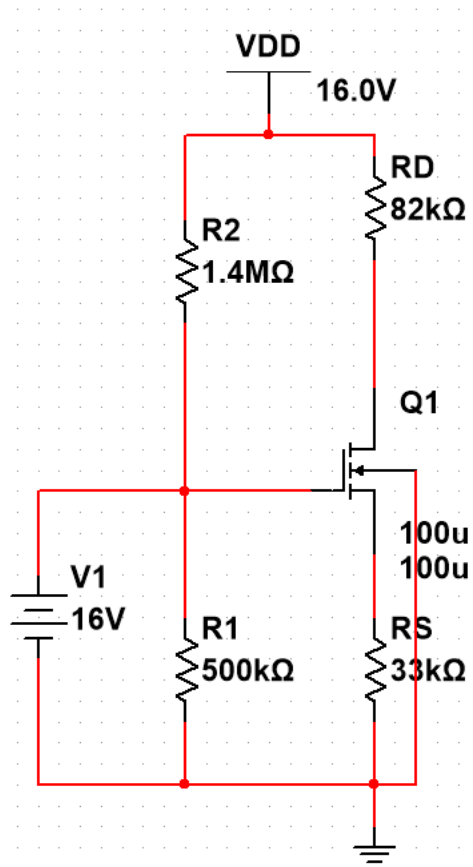
$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 16 - 0.068(33 + 82) = 8.18V > V_{GS} - V_{TN} = 1.966 - 1.2 = 0.766V$ (thỏa sat)

Q(0.068mA; 8.18V)



Vẽ VTC của mạch





b/

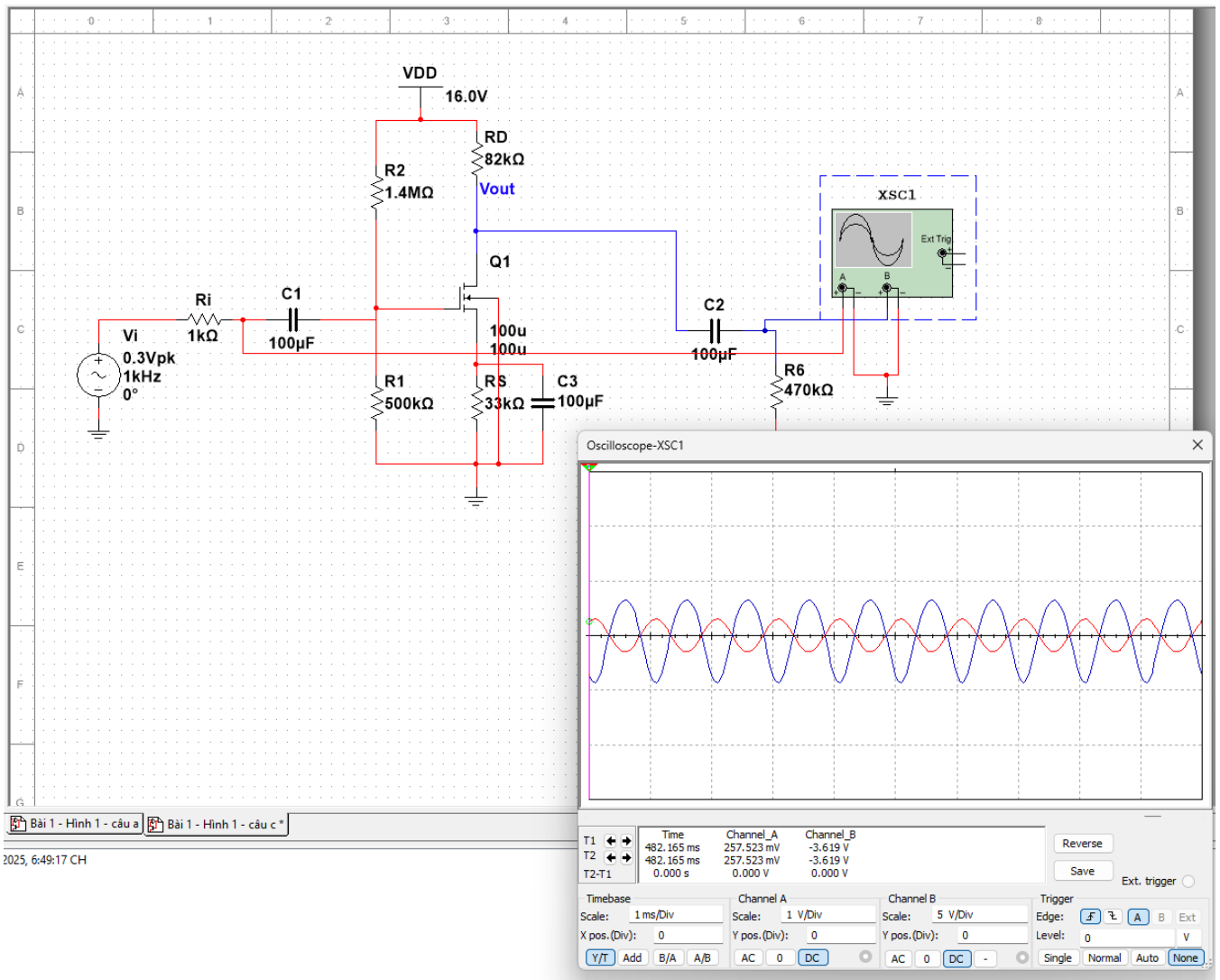
$$g_{m1} = K_n \cdot (V_{GS} - V_{TN}) = 0,25 \cdot (1,966 - 1,2) = 0,2 \text{ (mS)}$$

$$R_{in} = R_1 // R_2 = 368,42 \text{ k}\Omega ; R_{out} = R_D = 82 \text{ k}\Omega$$

$$A_{v0} = - g_m \cdot R_D = -0,2 \text{ m} \cdot 82 \text{ k} = \boxed{-16,4 \text{ V/V}}$$

$$A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out}) = -16,4 \cdot 470k / (82k + 470k) = \boxed{-13,96 \text{ V/V}}$$

$$G_v = A_v \cdot R_{in} / (R_{in} + R_{sig}) = -13,96 \cdot 368,42k / (368,4k + 1k) \approx \boxed{-13,96 \text{ V/V}}$$



c/ $\boxed{\text{Tín hiệu nhỏ khi biên độ} < 1/10 (6,51 - 1,2) = 0,531 \text{ V}}$

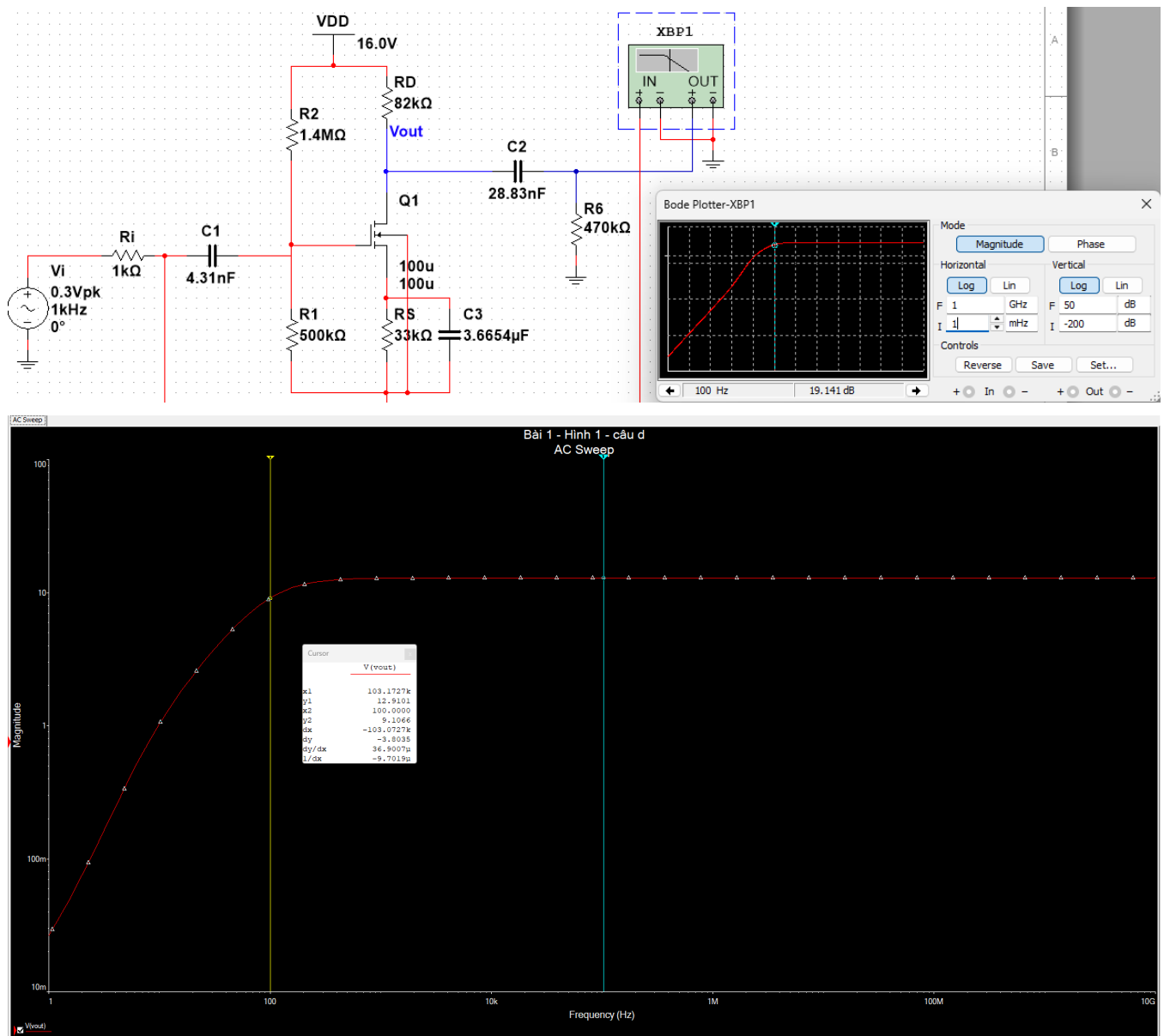
d/

Theo phương pháp cực tần số trội (dominant pole), chọn C_1 làm cực trội có giá trị 100Hz, C_2 và C_3 tạo ra các cực ở tần số 10Hz. Như vậy tần số cắt của mạch $f_L = \sqrt{f_{c1}^2 + f_{c2}^2 + f_{c3}^2} = \sqrt{100^2 + 10^2 + 10^2} = 100,1 \text{ Hz}$

$$C_1 = 1/2\pi \cdot f \cdot (R_{sig} + R_{in}) = 1/2\pi \cdot 100 \cdot (1k + 368,42k) = \boxed{4,308 \text{ nF}}$$

$$C_2 = 1/2\pi f (R_L + R_D) = 1/2\pi \cdot 10 \cdot (470k + 82k) = \boxed{28,8 \text{ nF}}$$

$$C_3 = 1/2\pi \cdot f \cdot (R_S // (1/g_m)) = 1/2\pi \cdot 10 \cdot (33k // 5k) = \boxed{3,6654 \text{ uF}}$$



Bài 1b)

a)

Chia áp giữa điện trở R_1 và R_2 : $V_G = 20 \cdot \frac{2,2M}{(2,2M+2,2M)} = 10 \text{ V}$

Giả sử Fet hoạt động bão hòa: $I_D = \frac{1}{2} \cdot K_n \cdot (V_{GS} - V_{TP})^2$

Mà: $V_{GS} = V_G - (V_{CC} - I_D \cdot R_S) = 10 - (20 - 22I_D) \rightarrow I_D = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot (-10 + 22I_D + 1,5)^2$

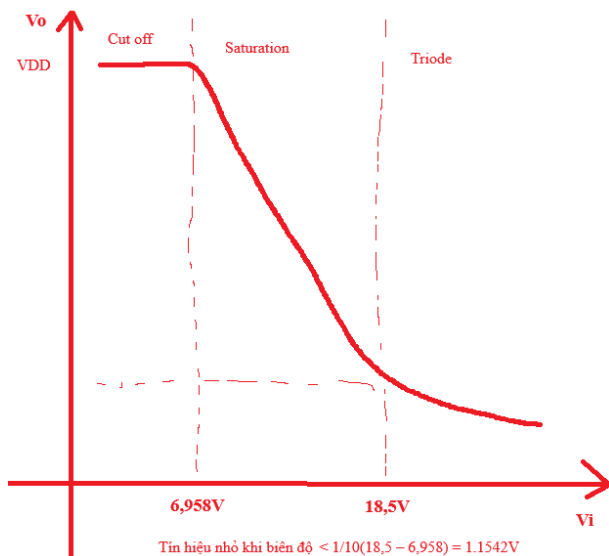
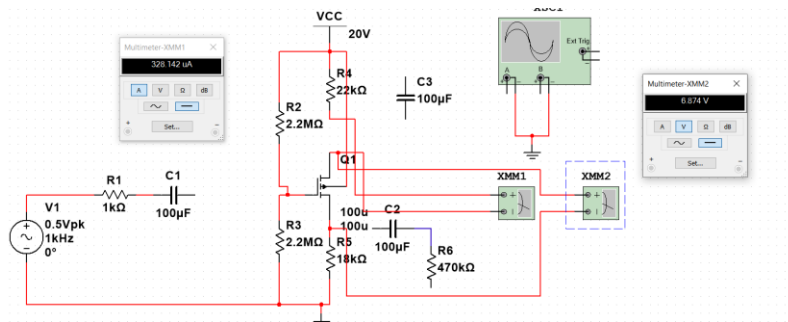
$\rightarrow I_D = 0,455mA$ hoặc $I_D = 0,328mA$

Với $I_D = 0,455mA$ thì: $V_{GS} = 10 - (20 - 22k \cdot 0,455m) = 0,01 \text{ V} > V_{TP} \rightarrow$ Loại

Với **$I_D = 0,328mA$** thì: $V_{GS} = 10 - (20 - 22k \cdot 0,341m) = -2,784 < V_{TP}$

$V_{DS} = -20 + 0,328m \cdot (22k + 18k) = \boxed{-6,88V} < V_{GS} - V_{TP} = -2,784 + 1,5 = -1,284V$

$Q(0,328mA; 6,88V)$



Ban đầu M2 tắt: $I_{DS}=0 \rightarrow V_S = V_{DD} = 20V$

M2 chuyển sang Sat khi: $V_{GS} = V_{TP} = -1,5V$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS2} + V_{S2} = -1,5 + 20 = 18,5V$

Tìm điểm chuyển từ Sat \rightarrow Triode của M2:

Ban đầu M2 ở Sat: $I_{DS} = 1/2 \cdot K_p \cdot (V_{GS} - V_{TP})^2$

Ta có: $V_{DS} = -V_{DD} + I_{DS}(R_D + R_S)$

M2 chuyển sang bão hòa khi: $V_{DS} = V_{DS}(\text{sat}) = V_{GS} - V_{TP}$

$\rightarrow -V_{DD} + I_{DS}(R_D + R_S) = V_{GS} - V_{TP}$

$\rightarrow -V_{DD} + 1/2 \cdot K_p \cdot (V_{GS} - V_{TP})^2 (R_D + R_S) = V_{GS} - V_{TP}$

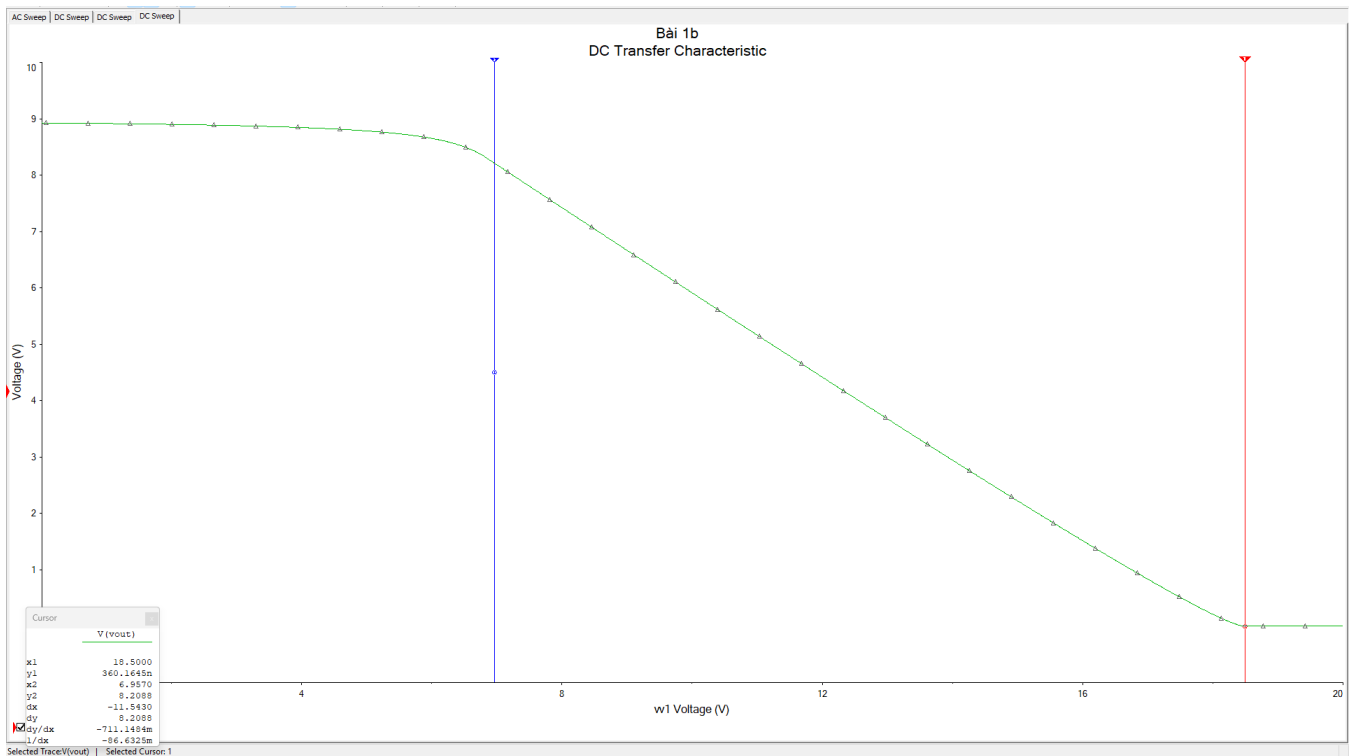
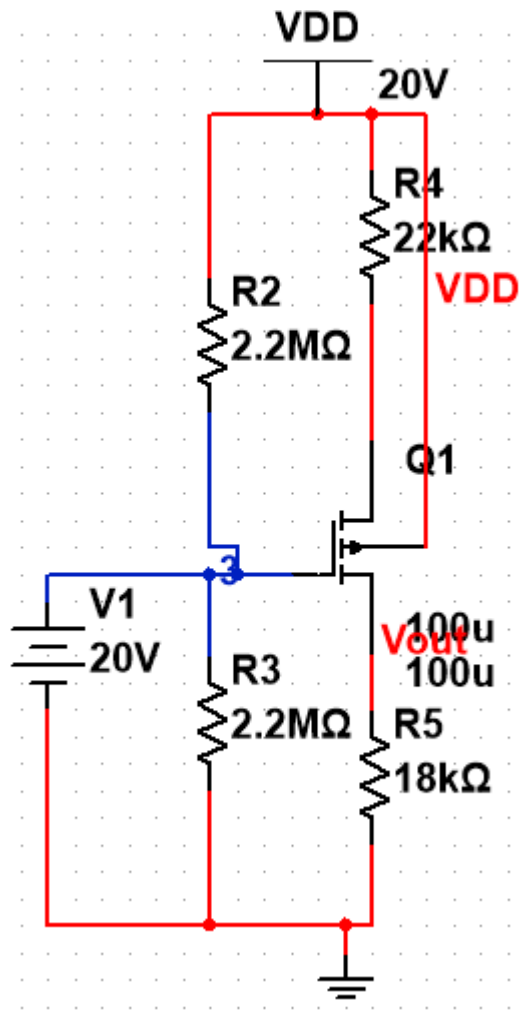
$\rightarrow -20 + 1/2 \cdot 0,4 \cdot (V_{GS} + 1,5)^2 (22 + 18) = V_{GS} + 1,5$

$\rightarrow V_{GS} = -3,01V$ và $V_{GS} = 0,14V$ (loại vì $> V_{TP}$)

$\rightarrow I_{DS} = 1/2 \cdot 0,4 \cdot (-3,01 + 1,5)^2 = 0,456(\text{mA})$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS} + V_S = V_{GS} + (V_{DD} - I_{DS} \cdot R_S) = -3,01 + (20 - 0,456 \cdot 22k) = 6,958V$

Tín hiệu nhỏ khi biên độ $< 1/10(18,5 - 6,958) = 1.1542V$



b/

$$g_m = K_p \cdot |V_{GS} - V_{TP}| = 0.4 \cdot |-2.784 + 1.5| = 0.5136(\text{mS})$$

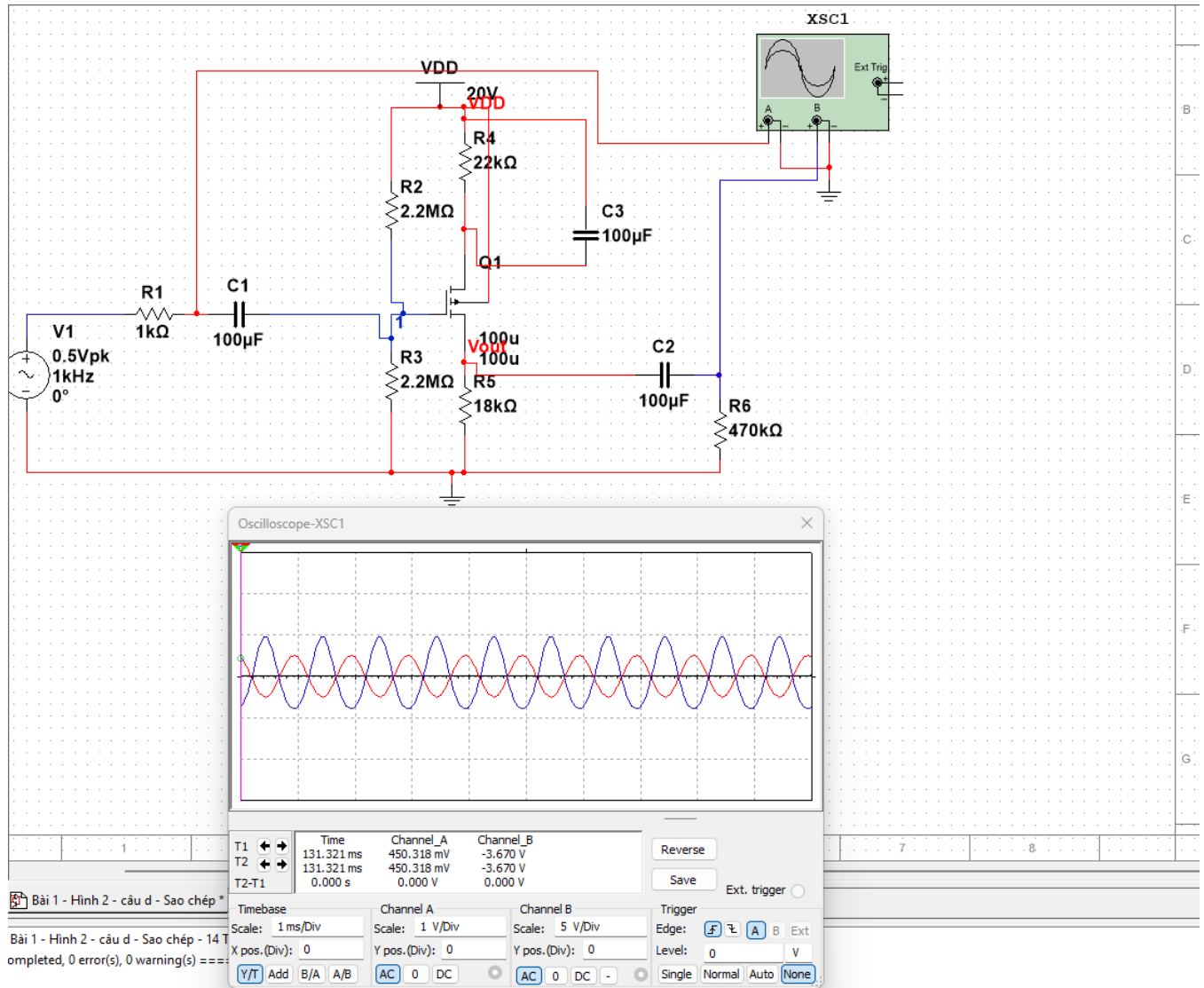
$$R_{in} = R_1 // R_2 = 2,2M // 2,2M = 1,1M$$

$$R_{out} = R_D = 18k$$

$$A_{vo} = -g_m \cdot R_D = -0,5136m \cdot 18k = -9,2448 \text{ V/V}$$

$$A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out}) = -9,2448 \cdot 470k / (470k + 18k) = -8,9 \text{ V/V}$$

$$G_v = A_v \cdot R_{in} / (R_{in} + R_{sig}) = -8,9 \cdot 1,1M / (1,1M + 1k) = -8,8957 \text{ V/V}$$



c/ Dựa vào VTC, tín hiệu nhỏ khi biên độ $< 1/10(18,5 - 6,958) = 1.1542V$

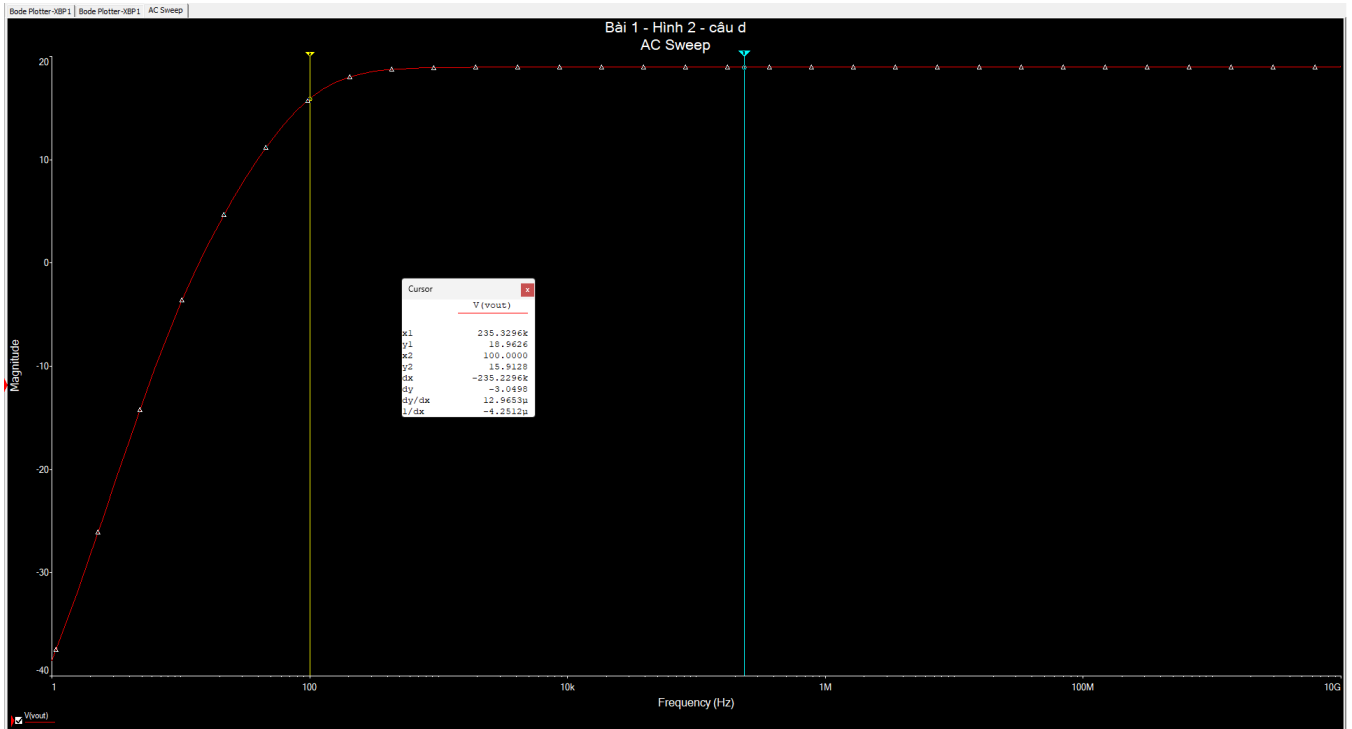
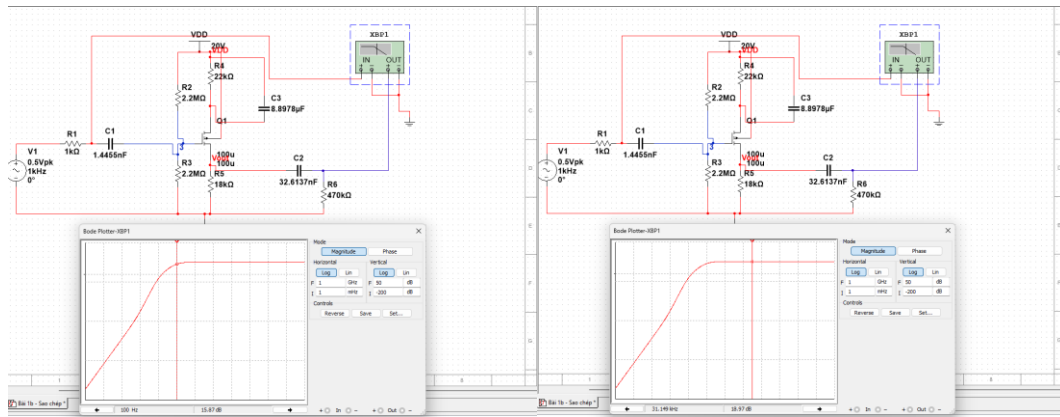
d/

Theo phương pháp cực tần số trội (dominant pole), chọn C_1 làm cực trội có giá trị 100Hz, C_2 và C_3 tạo ra các cực ở tần số 10Hz. Như vậy tần số cắt của mạch $f_L = \sqrt{f_{c1}^2 + f_{c2}^2 + f_{c3}^2} = \sqrt{100^2 + 10^2 + 10^2} = 100,1 \text{ Hz}$

$$C_1 = 1/2\pi \cdot f \cdot (R_{sig} + R_{in}) = 1/2\pi \cdot 100 \cdot (1k + 1,1M) = \boxed{1,4455 \text{ nF}}$$

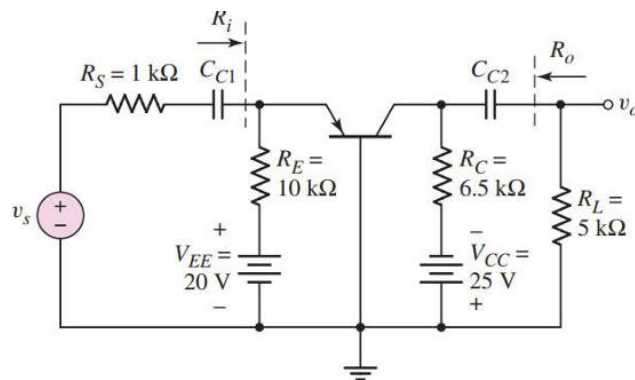
$$C_2 = 1/2\pi f (R_L + R_D) = 1/2\pi \cdot 10 \cdot (470k + 18k) = \boxed{32,6137 \text{ nF}}$$

$$C_3 = 1/2\pi \cdot f \cdot (R_S // (1/g_m)) = 1/2\pi \cdot 10 \cdot (22k // 1947) = \boxed{8,8978 \text{ uF}}$$



Bài 2:

Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Các tụ C_1 , C_2 có giá trị rất lớn. BJT có hệ số $\beta = 80$ và có mã là 2N2907

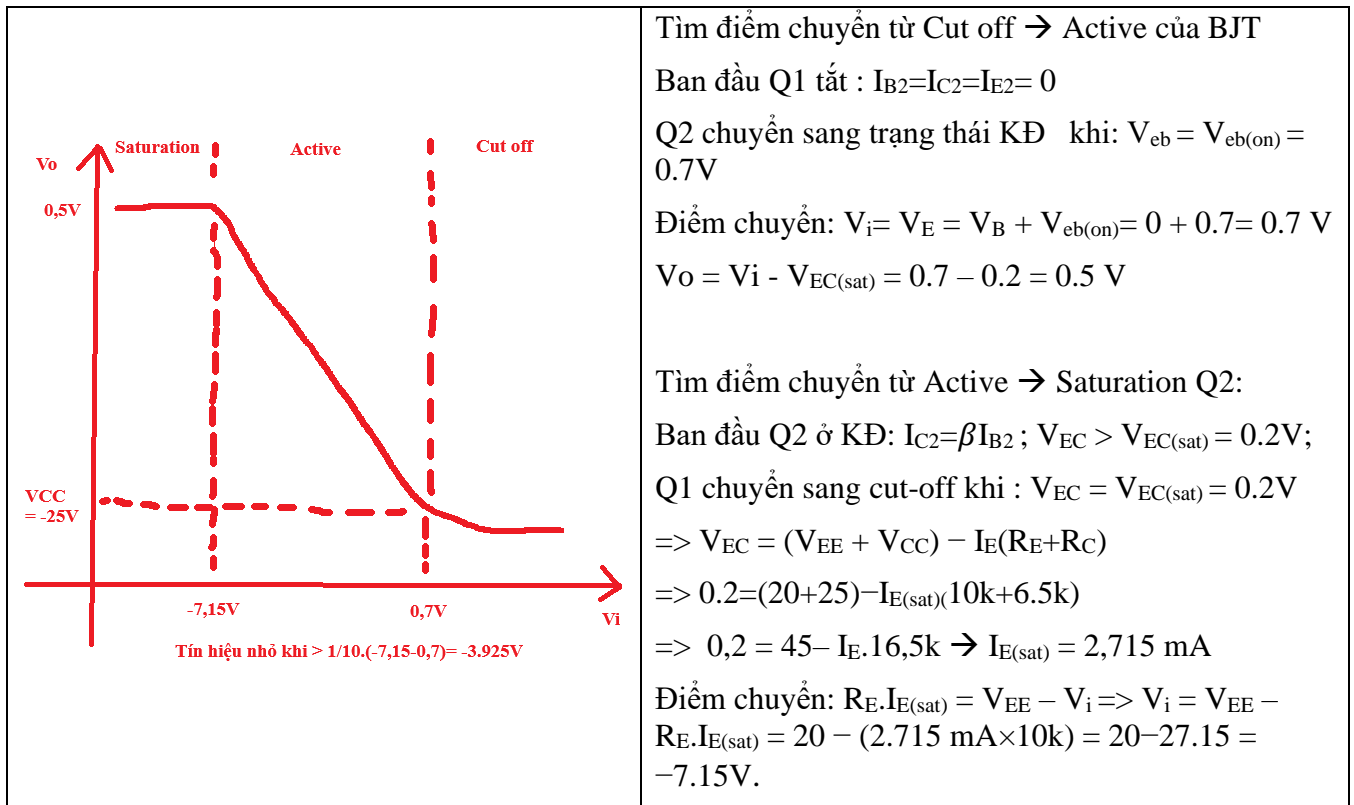


a) Vẽ VTC của mạch (kiểm chứng sử dụng mô phỏng) và tìm điểm hoạt động Q của BJT. Đặt $v_s = V_m \sin(\omega t)$ vào mạch.

b) Tìm A_{vo} , A_v , G_v , R_i , R_o của mạch.

c) Lựa chọn các tụ C1, C2 để mạch có $f_L=100\text{Hz}$.

a)



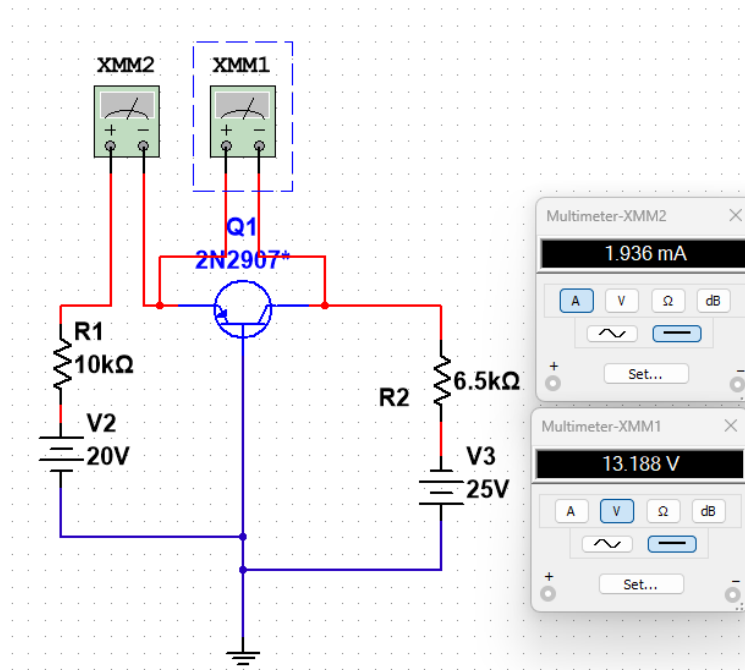
Tìm điểm hoạt động của BJT : Giả sử BJT ở chế độ KĐ

$$V_E = V_B + V_{EB} = 0 + 0.7 = 0.7\text{V}$$

$$\text{KVL I: } I_E = (V_{EE} - V_E)/R_E \Rightarrow (20 - 0.7)/10\text{k} = 1.93\text{mA} \rightarrow \boxed{I_C = (\beta/(\beta+1)) \cdot I_E = 1.906\text{mA}}$$

$$\text{KVL II: } V_{EE} = I_E(R_C + R_E) + V_{EC} - V_{CC} \Rightarrow 20 = 1.93\text{mA} \cdot 16.5\text{k} + V_{EC} - 25$$

$$\rightarrow \boxed{V_{EC} = 13.155\text{V}} > V_{CE(sat)} \text{ (nhận)}$$



$$b/ g_m = I_C/V_T = 1,906\text{m}/25\text{m} = 0,07624 \text{ S}$$

$$R_{in} = 1/g_m // R_E = (1/0,07624) // 10\text{k} = 13,099 \Omega ; R_{out} = R_C = 6,5\text{k}\Omega$$

$$A_{vo} = g_m R_C = 0,07624 \cdot 6,5\text{k} = 495.56 \text{ V/V}$$

$$A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out}) = 495.56 \cdot 5\text{k} / (5\text{k} + 6,5\text{k}) = 215,46 \text{ V/V}$$

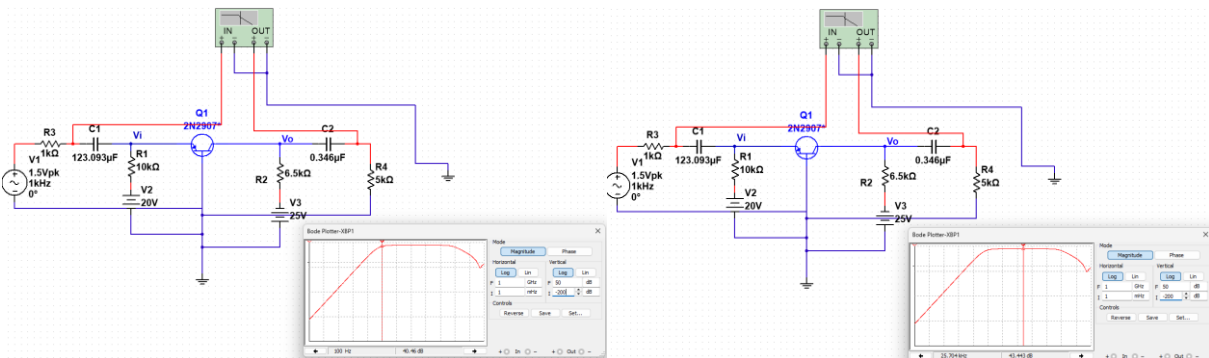
$$G_v = A_v \cdot R_{in} / (R_{in} + R_{sig}) = 215,46 \cdot 13,116 / (13,116 + 1\text{k}) = 2,789 \text{ V/V}$$

c/ Tìm giá trị tụ C_1 , C_2 để có $f_L = 100 \text{ Hz}$.

Theo phương pháp cực tần số trội (dominant pole), chọn C_1 làm cực trội có giá trị 100Hz, C_2 tạo ra các cực ở tần số 40Hz. Như vậy tần số cắt của mạch $f_L = \sqrt{f_{c1}^2 + f_{c2}^2} = \sqrt{100^2 + 40^2} = 107,7 \text{ Hz}$.

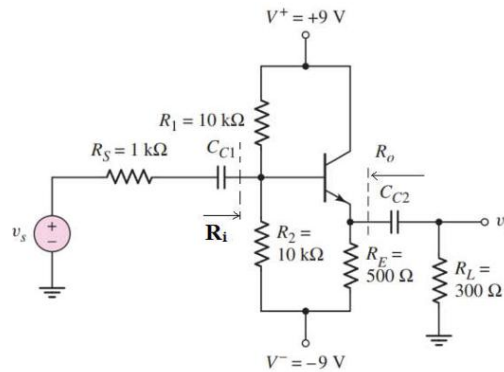
$$C_1 = 1/(2\pi f \cdot [R_{sig} // R_{in}]) = 1/2\pi \cdot 100 \cdot [1\text{k} // 13,099] = 123,093 \text{ uF}$$

$$C_2 = 1/(2\pi \cdot f \cdot (R_C + R_L)) = 1/2\pi \cdot 40 \cdot (6,5\text{k} + 5\text{k}) = 0,346 \text{ uF}$$



Bài 3:

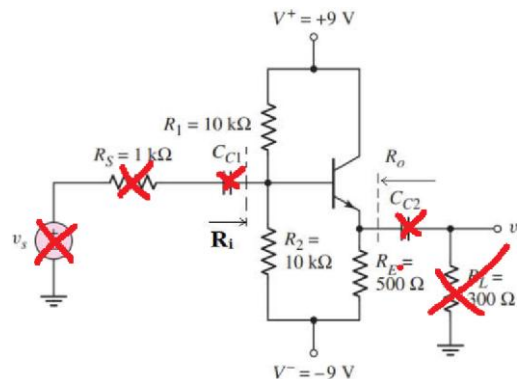
Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Giả sử các tụ có giá trị rất lớn. BJT có $100\beta =$ và $V_A = \infty$



- Tìm điểm hoạt động Q của BJT. Đặt $v_s = V_m \sin(\omega t)$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1k\Omega$.
- Tìm A_{vo} , G_v , R_i , R_o của mạch.
- Tìm biên độ lớn nhất của V_m để v_s là tín hiệu nhỏ.
- Lựa chọn các tụ C_{C1} , C_{C2} để mạch có $f_L = 100Hz$.

a)

Phân tích DC, xem các tụ như hở mạch



Giả sử BJT hoạt động ở chế độ khuếch đại, $V_{BE} = 0,7V$

KVL cho vòng B-E:

$$(9 - V_B)/10k = (V_B + 9)/10k + I_B \Rightarrow V_B = -5k \cdot I_B$$

Phương trình chia áp tại cực B

$$V_B = V_{BE} + I_E R_E + V^- \Rightarrow -5k \cdot I_B = 0,7 + (\beta + 1) I_B R_E - 9 \Rightarrow 8,3 = (5k + 101 \cdot 500) I_B \Rightarrow I_B = 0,1495 \text{ mA}$$

Giờ quay lại xét điều kiện BJT hoạt động ở chế độ khuếch đại:

$$V_E = (\beta + 1) I_B R_E + V^- = (101) \cdot (0,1495 \text{ mA}) \cdot (500) - 9 = -1,45V$$

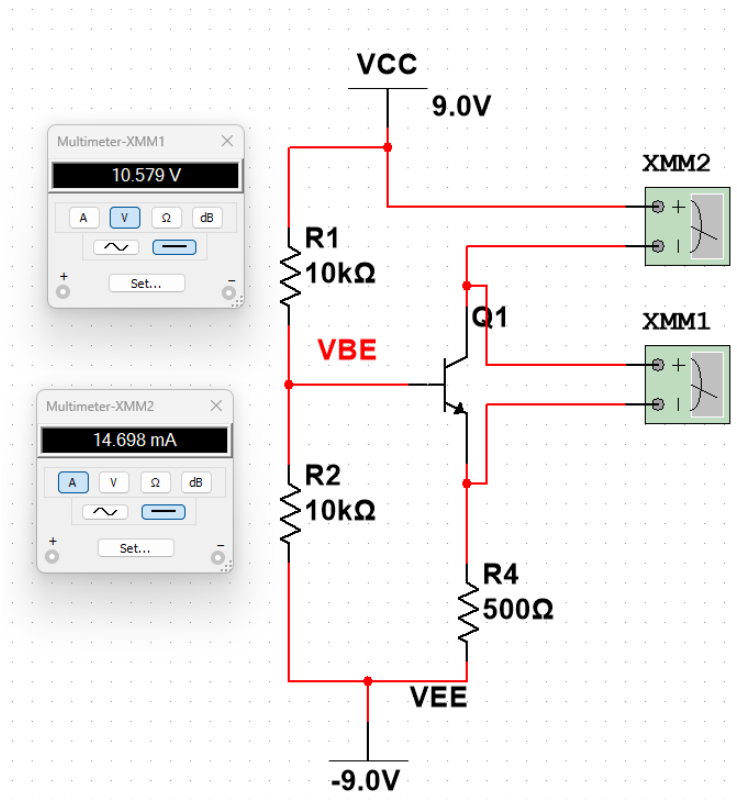
$$V_B = V_E + V_{BE} = -1,45V + 0,7V = -0,75V$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = -0,75V - 9V = -9,75V \Rightarrow \text{Mối nối B-C phân cực nghịch} \Rightarrow \text{BJT ở vùng khuếch đại}$$

$$\Rightarrow I_{CQ} = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,1495 \text{ mA} = 14,95 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_{CEQ} = V_C - V_E = 9V - (-1,45V) = 10,45V$$

Điểm Q có $I_{CQ} = 14,95 \text{ mA}$ và $V_{CEQ} = 10,45V$



b)

$r_{\pi} = \infty$ (bỏ qua do $V_B = \infty$)

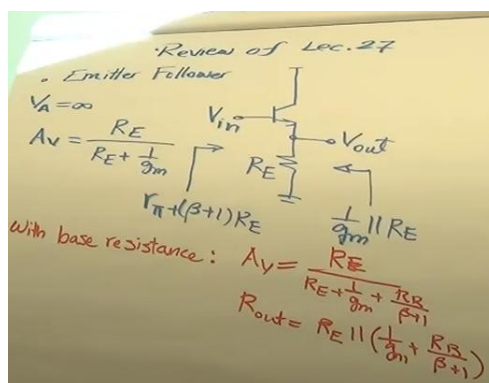
$g_m = I_{CQ} / V_T = 14.95\text{mA} / 25\text{mV} = 598\text{mS}$ (Chọn $V_T = 25\text{mV}$) $\Rightarrow 1 / g_m = 1,67$

$R_i = R_1 // R_2 // \beta \cdot (R_E // R_L) = 10\text{k} // 10\text{k} // 100 \cdot (500 // 300) = 3,947\text{k}$

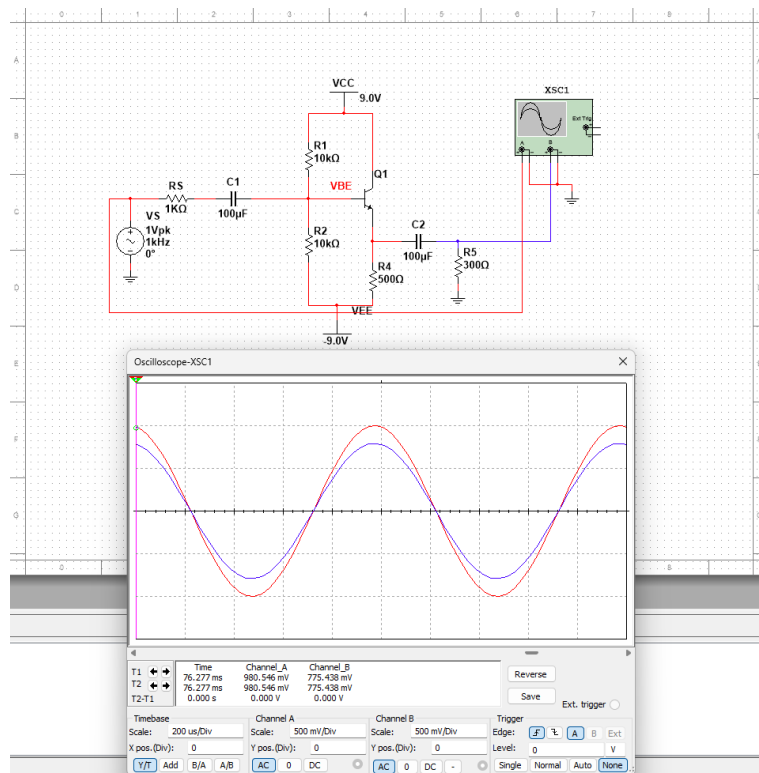
$R_o = R_E // ((1/g_m) + (R_1 // R_2 // R_S) / (\beta + 1)) = 500 // ((1,67 + (10\text{k} // 10\text{k} // 1\text{k}) / (101))) = 9,73$

$A_v = (R_E // R_L) / (R_E // R_L + (R_1 // R_2 // R_S) / (\beta + 1) + 1/g_m)$

$= 500 // 300 / (500 // 300 + (10\text{k} // 10\text{k} // 1\text{k}) / (100 + 1) + 1,67) = 0,95$



$G_v = A_v \cdot (R_i / (R_i + R_s)) \cdot (R_L / (R_L + R_o)) = 0,95 \cdot (3,947\text{k} / (3,947\text{k} + 1\text{k})) \cdot (300 / (300 + 9,73)) = 0,734$



c)

Giả sử $V_{BE(on)} = 0.7V$ và $V_{CE(sat)} = 0.2V$.

Điểm chuyển từ Cut off \rightarrow Active của BJT:

Có $V_E = V_- = -9V$

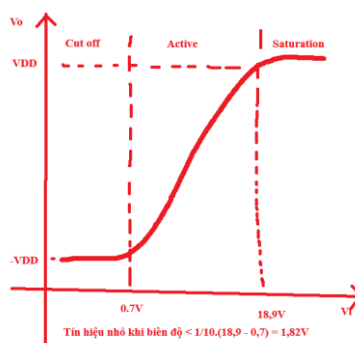
$\Rightarrow V_{BE} = V_{BE(on)} = 0.7V \Rightarrow V_i = V_E + V_{BE(on)} = -9V + 0.7V = -8.3V$

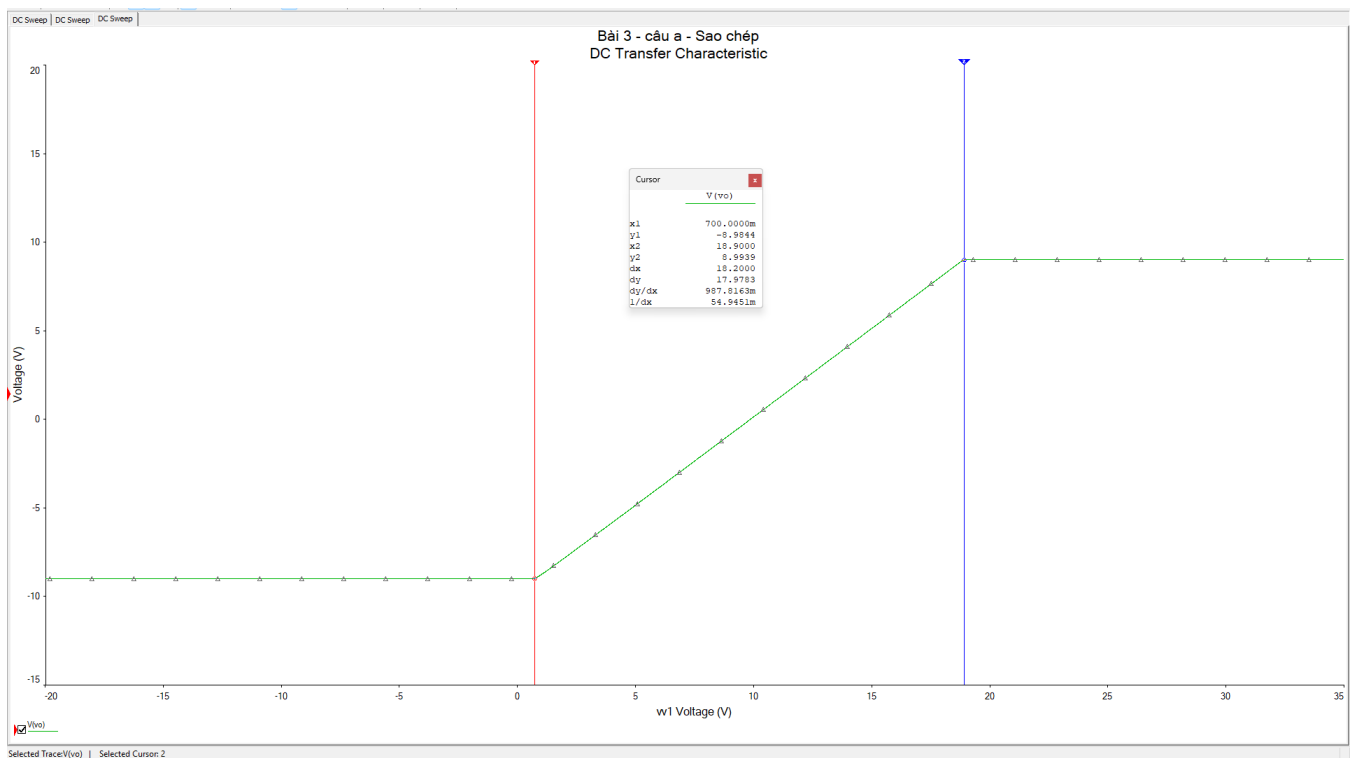
Điểm chuyển từ Active \rightarrow Saturation của BJT:

BJT hoạt động trong vùng khuếch đại active: $V_{BE} \approx 0.7V$ và $V_{CE} > V_{CE(sat)}$

BJT đi vào vùng bão hòa khi: $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2V \Rightarrow V_E = V_C + V_{CE(sat)} = 9V - (-9V) + 0.2V = 18.2V$

$V_i = V_E + V_{BE(on)} = 18.2V + 0.7V = 18.9V$



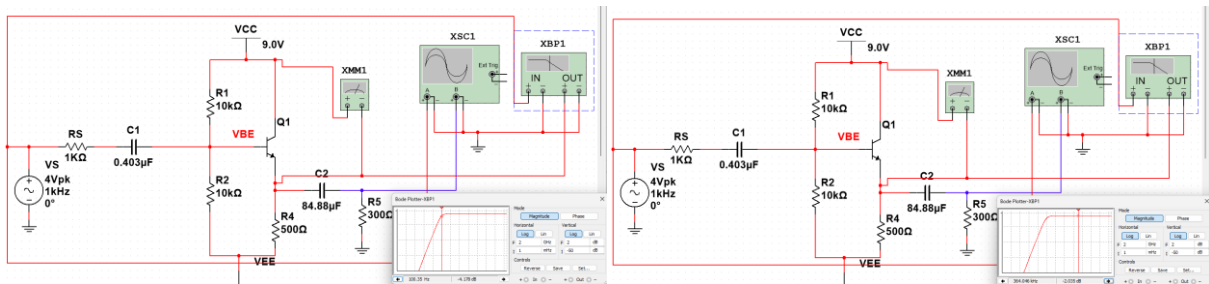


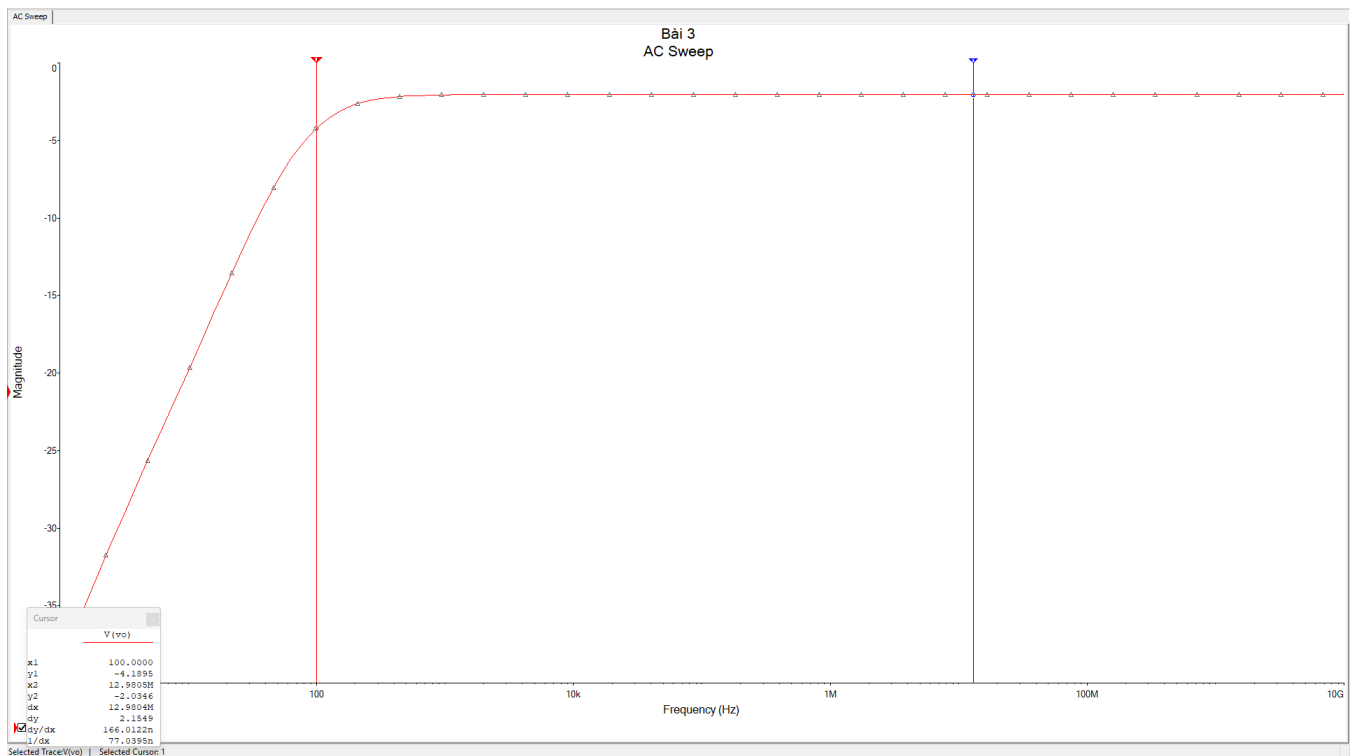
d)

Theo phương pháp cực tần số trội (dominant pole), chọn C_1 làm cực trội có giá trị 100Hz, C_2 tạo ra các cực ở tần số 10Hz. Như vậy tần số cắt của mạch $f_L = \sqrt{f_{c1}^2 + f_{c2}^2} = \sqrt{100^2 + 10^2} = 100,5 \text{ Hz}$

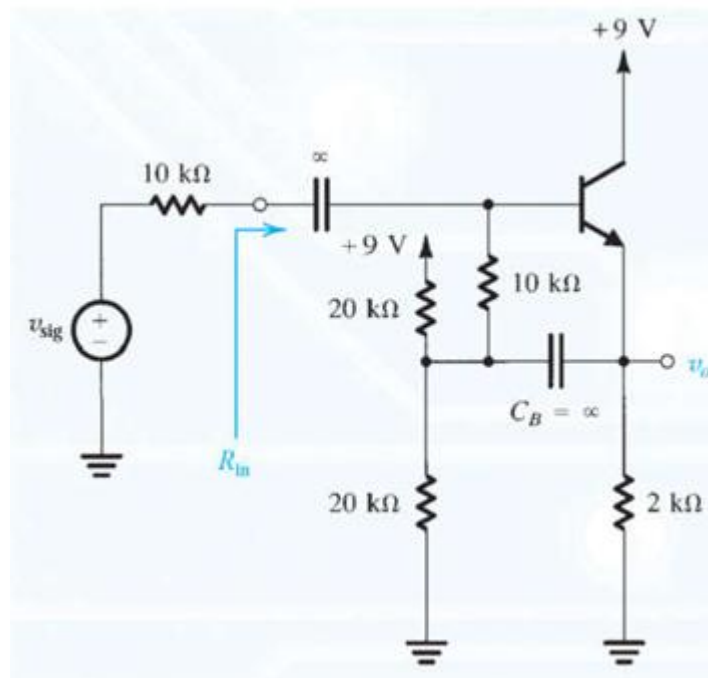
Tần số cắt thấp gây bởi tụ C_1 : $f_1 = 1/(2\pi C_1 R_{in}) \Rightarrow 100 = 1/(2\pi \cdot C_1 \cdot 3,947k) \Rightarrow C_1 = 0,403 \text{ uF}$

Tần số cắt thấp gây bởi tụ C_2 : $f_2 = 1/(2\pi C_2 \cdot (R_E // R_L)) \Rightarrow 10 = 1/(2\pi C_2 \cdot (500 // 300)) \Rightarrow C_2 = 84,88 \text{ uF}$





Bài 4: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Giả sử các tụ có giá trị rất lớn. BJT có $100 \beta =$ và $V_A = \infty$



- Tìm điểm hoạt động Q của BJT. Đặt $v_s = V_m \sin(\omega t)$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.
- Tìm A_{v_o} , G_v , R_i , R_o của mạch.
- Bỏ tụ C_B ra khỏi mạch. Lập lại câu a và b. Từ đó nêu vai trò tụ C_B

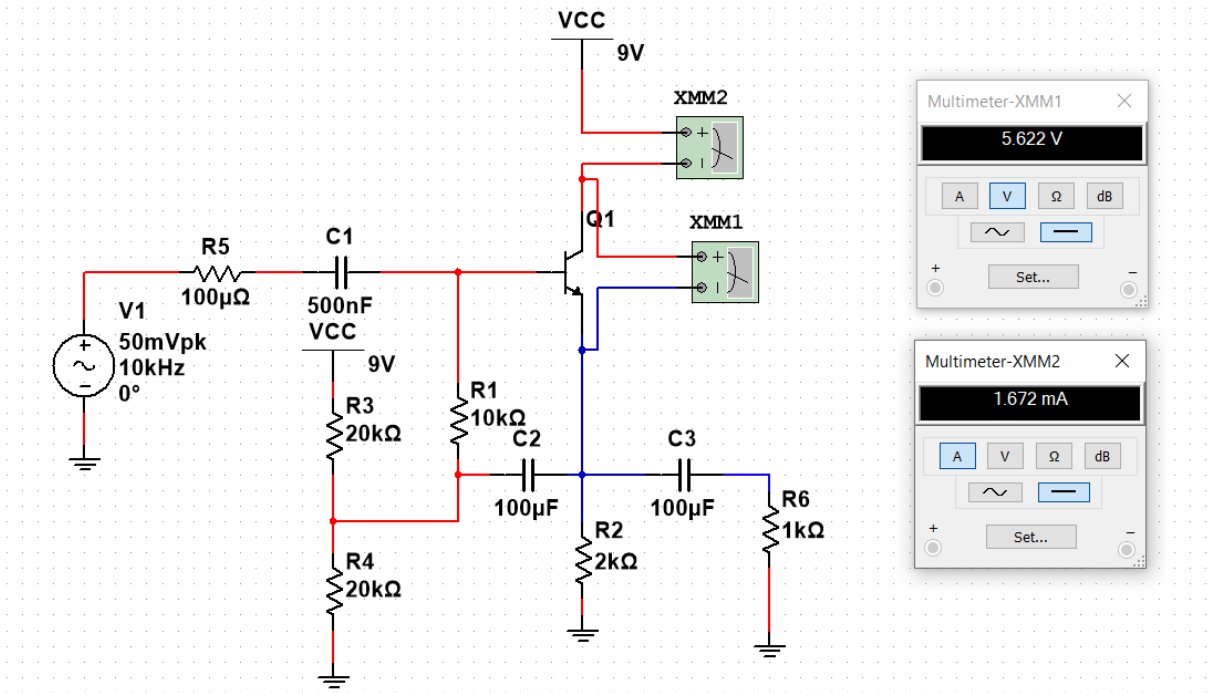
a)

$$V_{th} = V_{cc} \cdot 20k / (20k + 20k) = 4,5 \text{ V} ; R_{th} = 20k // 20k = 10k$$

KVL I: $V_{th} = I_B(R_{th} + 10k) + V_{BE} + I_E R_E \rightarrow 4,5 = I_B(10k + 10k) + 0,7 + 101 \cdot I_B \cdot 2k$
 $\rightarrow I_B = 0,0171 \text{ mA} \rightarrow \boxed{I_C = \beta \cdot I_B = 1,71 \text{ mA}}$

KVL II: $V_{cc} = V_{CE} + I_E R_E \rightarrow 9 = V_{CE} + 101 \cdot I_B \cdot R_E \rightarrow \boxed{V_{CE} = 5,54 \text{ V}}$

Suy ra : $\boxed{Q(1,71\text{mA}; 5,54\text{V})}$



b/ Mạch bootstrap hoạt động bằng cách lấy một phần tín hiệu ở ngõ ra (thường có độ lợi gần bằng 1 và cùng pha với tín hiệu ngõ vào) hồi tiếp về một điểm ở ngõ vào thông qua một tụ điện (tụ bootstrap).

Ta có : $A_{vo} = A_{open_loop_gain} / (1 + K A_{open_loop_gain})$; $g_m = I_C / V_T = 1,71\text{mA} / 25\text{mV} = 68,4 \text{ mS}$;

$r_\pi = \beta \cdot V_T / I_C = 1462\Omega$; $R_{out_opened} = (1/g_m) // R_E = 14,38\Omega$; $R_{in_opened} = (r_\pi + (\beta+1)R_E) = 203k\Omega$

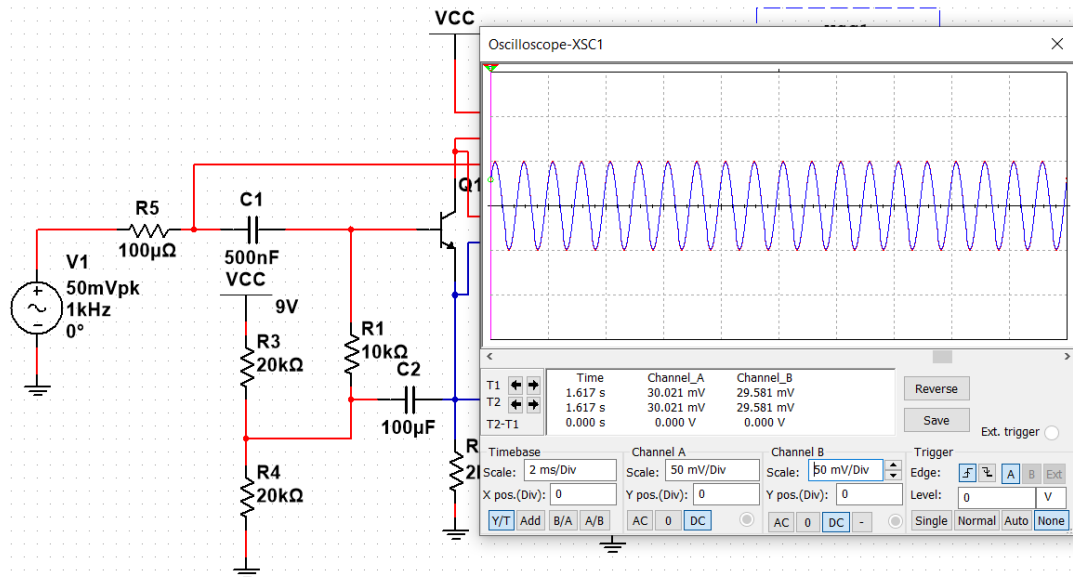
$A_{open_loop_gain} = R_E / (1/g_m + R_E) = 1$; (mạch E chung) ; $K = 2k // 10k / (10k // 2k + 20k) = 0,08$

$A_{vo} = (R_E / (1/g_m + R_E)) / (1 + 0,08) = 1 / (1 + 0,08) = \boxed{0,93 \text{ V/V}}$

$R_{out_closed} = R_{out_opened} / (1 + K A_{opened}) = (1/g_m) // R_E / (1 + 0,08) = \boxed{13,31\Omega}$

$R_{in_closed} = R_{in_opened} (1 + K A_{opened}) = (r_\pi + (\beta+1)R_E) (1 + 0,08) = \boxed{219,24k\Omega}$

$A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out_closed}) \approx 0,93$; $G_v = A_v \cdot R_{in_closed} / (R_{in_closed} + R_{sig}) = \boxed{0,92 \text{ V/V}}$

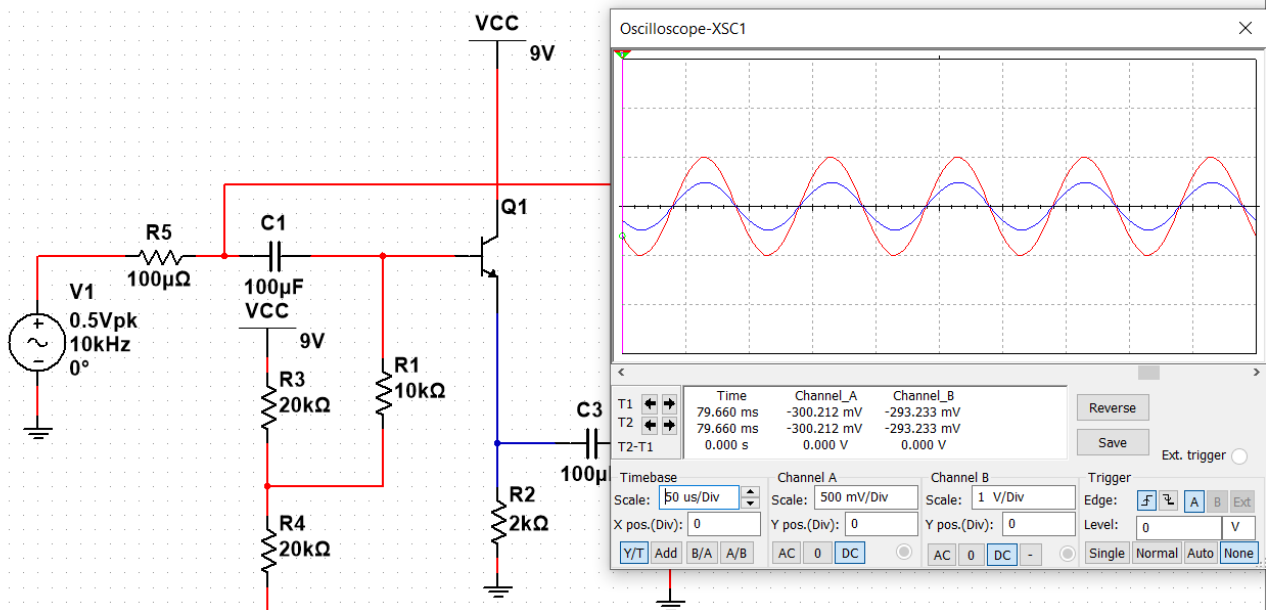


c/ Bỏ tụ khởi mạch, điểm Q không đổi **Q(1,17mA; 5,54V)**

$$R_{in} = (20k // r_{\pi} + (\beta + 1)R_E) = \mathbf{18,2k} ; R_{out} = 1/g_m / R_E = \mathbf{14,3\Omega}$$

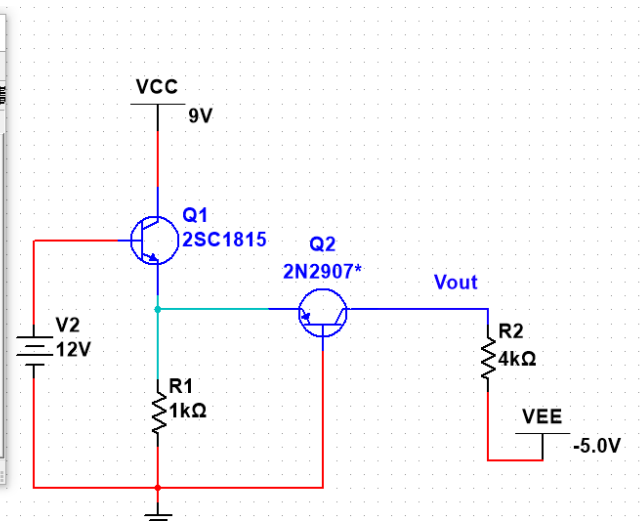
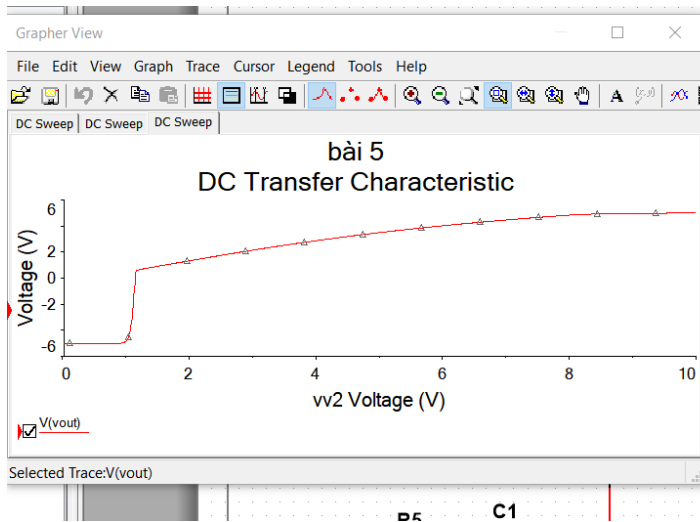
$$A_{vo} = R_E / (1/g_m + R_E) \approx \mathbf{1} ; A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out}) = \mathbf{1} ; G_v = A_v \cdot R_{in} / (R_{in} + R_{sig}) \approx \mathbf{0,64 V/V}$$

Vai trò của tụ C_B là tạo hồi tiếp âm cho mạch, giúp mạch ổn hơn, tăng trở kháng đầu vào và giảm trở kháng đầu ra khi mắc thêm tải và nguồn, tuy mạch có bị giảm nhẹ độ lợi

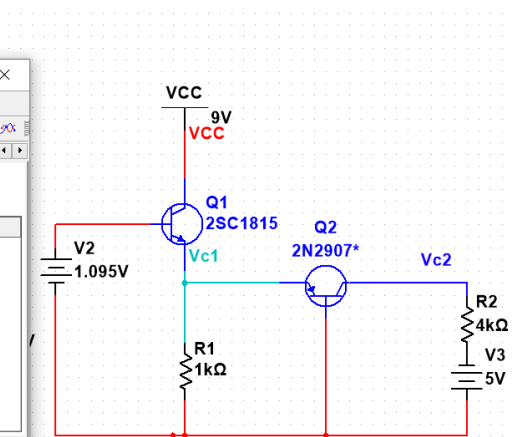
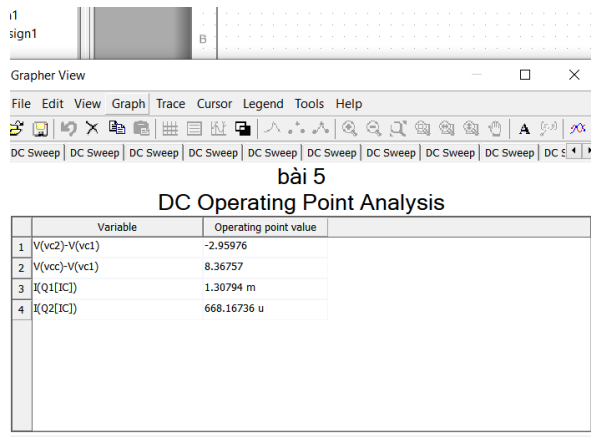


Bài 5

a/ Vẽ VTC của V_o theo V_i



b/ Quan sát trên VTC, để mạch có thể khuếch đại không méo, ta cần chọn điểm phân cực là 1,095 V. Các điểm phân cực của Q1 và Q2 lần lượt là (1,3mA; 8,36V) và (0,68mA; 3V)



Biến đổi Thevenin cho mạch : $2 = 9R_2/(R_2+R_1)$; $R_{th} = R_1//R_2$

$I_{B1} = I_{C1}/\beta = 1,3m/100 = 0,013m$; $I_{C1}-I_{C2}=1,3m-0,67m = 0,63mA$

KVL I : $2 = I_{B1} \cdot (R_1//R_2) + 0,7 + (I_{C1}-I_{C2}) \cdot R_{E1} \Rightarrow 2 = 0,013m \cdot R_1//R_2 + 0,7 + 0,63 \cdot 1k \Rightarrow R_1//R_2 = 52,3 k\Omega$

$\Rightarrow R_1 = 235k\Omega$; $R_2 = 67k\Omega$

c/

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{E1}} = 17,8 \Omega$$

$$R_E^* = (R_E + r_{e1}) \cdot (\beta + 1)$$

$$R_{in1} = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{i_o=0} = R_{TH} // R_E^* = 17,8 \Omega$$

$$R_{out1} = \left. \frac{v_o}{i_o} \right|_{v_i=0} = R_{E1} // r_{e1} = 17,49 \Omega$$

$$A_{vo1} = \frac{R_E}{R_E + r_{e1}} = 0,98 \left(\frac{V}{V} \right)$$

Tầng 2:

$$r_{e_2} = \frac{V_T}{I_{E_2}} = 35,27 \Omega$$

$$g_{m_2} = \frac{I_{C_2}}{V_T} = 0,028 \left(\frac{A}{V} \right)$$

$$R_{in_2} = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{i_0=0} = r_{e_2} = 35,27 \Omega$$

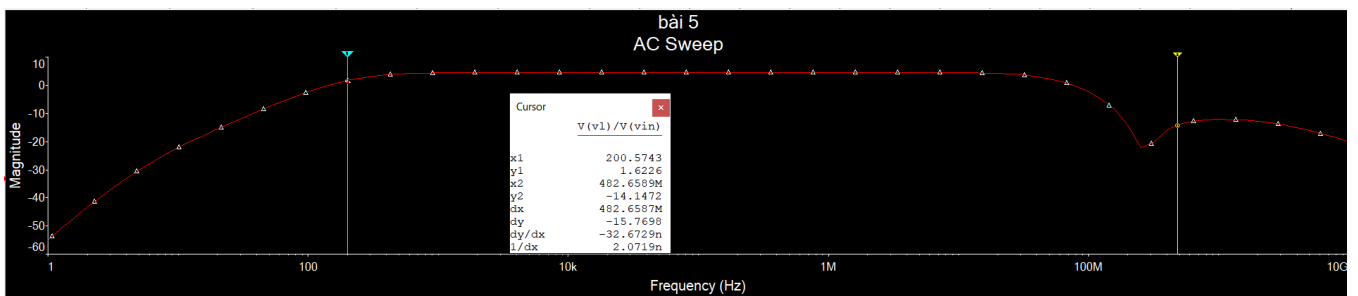
$$R_{out_2} = \left. \frac{v_o}{i_o} \right|_{v_i=0} = R_C = 4 k\Omega$$

$$A_{vo_2} = g_{m_2} \cdot R_C = 112 \left(\frac{V}{V} \right)$$

Lựa C_1, C_2 để $f_L = 200Hz$, ta chọn $f_{C_1} = 200Hz$; $f_{C_2} = 155Hz$

$$f_{C_1} = \frac{1}{2\pi(R_{in_1} + R_S) \cdot C_{C_1}} = \frac{1}{2\pi(17,8 + 100) \cdot C_{C_1}} \rightarrow C_{C_1} = 6.755 \mu F$$

$$f_{C_2} = \frac{1}{2\pi(R_L + R_{out_2}) \cdot C_{C_2}} = \frac{1}{2\pi(100 + 4000) \cdot C_{C_2}} \rightarrow C_{C_2} = 0.25 \mu F$$

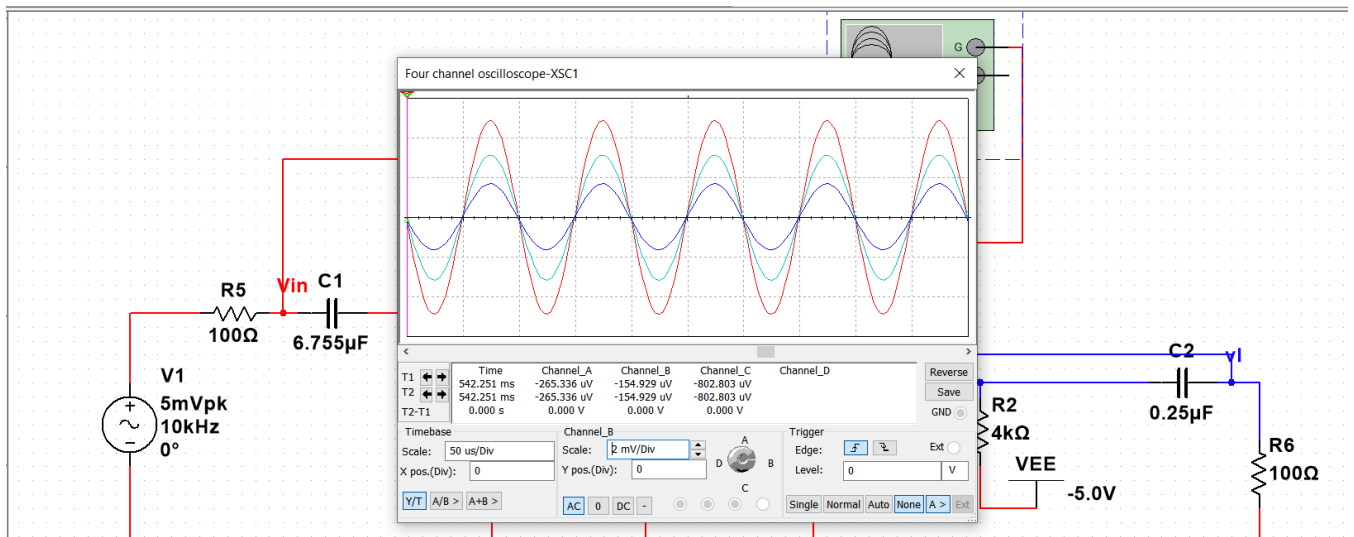


d)

$$A_{vo} = A_{vo_1} \cdot A_{vo_2} \cdot \frac{R_{in_2}}{R_{in_2} + R_{out_1}} = 73,37 \left(\frac{V}{V} \right)$$

$$A_v = \frac{R_L}{R_L + R_{out_2}} A_{vo} = 1,79 \left(\frac{V}{V} \right)$$

$$G_v = \frac{R_{in_1}}{R_{in_1} + R_S} A_v = 1,78 \left(\frac{V}{V} \right) = 5 dB$$

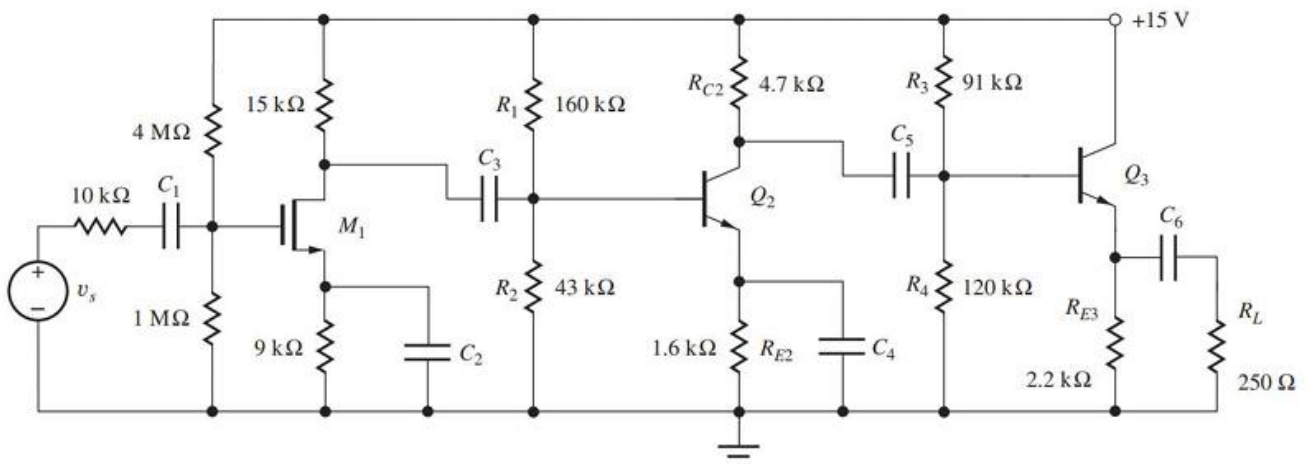


Từ mô phỏng $V_{o1}/V_{in} = 154,92\mu\text{V} / 265,36\mu\text{V} = 0,6 \text{ V/V}$

$V_{o2}/V_{o1} = 802\mu\text{V}/154,92\mu\text{V} = 5,2 \text{ V/V}$

Tín hiệu đầu bị khuếch đại lớn hơn 1,76 lần so với lý thuyết.

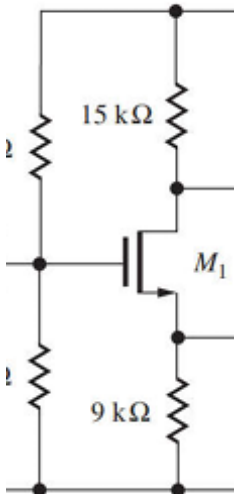
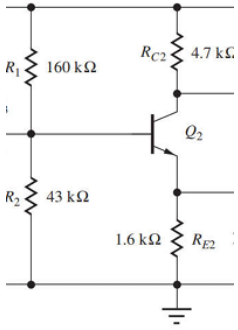
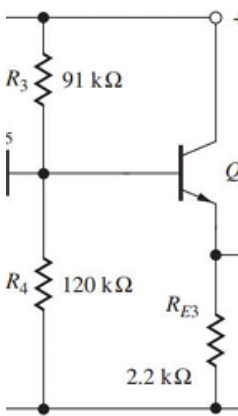
Bài 6: Cho mạch khuếch đại tín hiệu được ghép liên tầng như hình vẽ. Giả sử các tụ có điện dung rất lớn. Các thông số $\beta = 100$, $K_N = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1 \text{ V}$. BJT có $V_A = \infty$ và FET có $\lambda = 0$



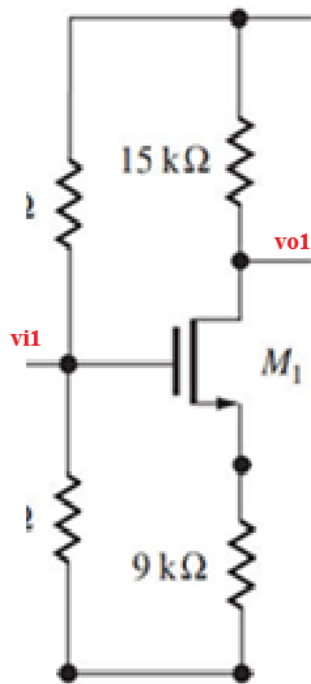
- Tìm điểm hoạt động Q của các transistor. Đặt $v_s = 5\sin(\omega t)$ (mV) vào mạch.
- Tìm A_v , G_v , R_i , R_o của mạch.
- Vẽ dạng sóng ngõ vs và vo khi đi qua từng tầng (vị trí trước khi đi qua tụ ghép)

Giải :

- Tìm điểm hoạt động của các tầng

	<p>Tầng 1:</p> <p>Chia áp giữa điện trở 1M và 4M: $V_{G1} = 15.1/(1+4) = 3V$ Giả sử Fet hoạt động bão hòa: $I_D = \frac{1}{2} \cdot K_n \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2$ Mà: $V_{GS} = V_G - V_S = 3 - 9I_D$ $\rightarrow I_D = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (3 - 9I_D - 1)^2$ $\rightarrow I_D = 0,31mA$ hoặc $I_D = 0,16mA$ Với $I_D = 0,31mA$ thì: $V_{GS} = 3 - 9 \cdot 0,38 = 0,21V < V_{TN} \rightarrow$ Loại Với $I_D = 0,16mA$ thì: $V_{GS} = 3 - 9 \cdot 0,16 = 1,56V > V_{TN}$ $V_{DS} = 15 - 0,16(15+9) = 11,16V > V_{GS} - V_{TN} = 1,56 - 1 = 0,56V$ Q1(0,16mA; 11,16V)</p>
	<p>Tầng 2:</p> <p>Áp dụng định lý Thevenin cho phần mạch chứa nguồn, R_1 và R_2: $V_{BB} = 15.43/(43+160) = 3,18V$ $R_{BB} = 160//43 = 33,89k$ Giả sử BJT hoạt động ở khuếch đại: $I_B = (V_{BB} - V_{BE(on)}) / (R_{BB} + (\beta+1)R_{E2}) = (3,18 - 0,7) / (33,89 + 101.1,6) = 0,013mA$ $I_C = 0,013.100 = 1,3mA$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_{C2} + R_{E2}) = 15 - 1,3(4,7 + 1,6) = 6,81V > V_{CE(sat)}$ Q2(1,3mA; 6,81V)</p>
	<p>Tầng 3:</p> <p>Áp dụng định lý Thevenin cho phần mạch chứa nguồn, R_3 và R_4: $V_{BB} = 15.120/(91+120) = 8,53V$; $R_{BB} = 120//91 = 51,75k$ Giả sử BJT hoạt động ở khuếch đại: $I_B = (V_{BB} - V_{BE(on)}) / (R_{BB} + (\beta+1)R_{E2}) = (8,53 - 0,7) / (51,75 + 101.2,2) = 0,029mA$ $I_C = 0,029.100 = 2,9mA$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_{E2} = 15 - 2,9.2,2 = 8,62V > V_{CE(sat)}$ Q3(2,9mA; 8,62V)</p>

Av, Gv, Ri, Ro của mạch



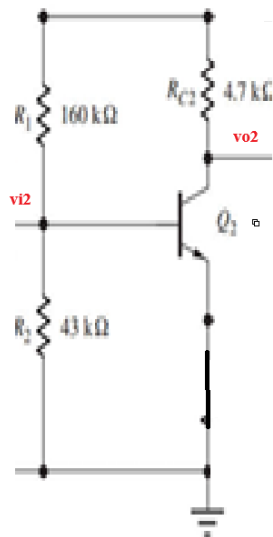
Tầng 1:

$$g_m = K_n(V_{GS} - V_{TN}) = 1 \cdot (1,56 - 1) = 0,56 \text{ mS}$$

$$R_{in1} = 4M // 1M = 0,8M$$

$$R_{out1} = 15k$$

$$A_{vo1} = - 0,56 \cdot 15 = - 8,4$$



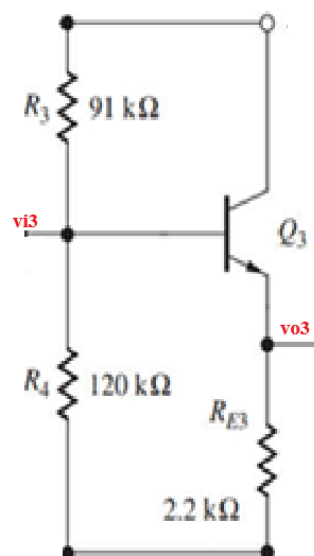
Tầng 2:

$$r_\pi = V_T / I_B = 0,026 / 0,013 = 2,11k$$

$$R_{in2} = R_1 // R_2 // r_\pi = 160k // 43k // 2,11k = 2,11k$$

$$R_{out2} = R_{C2} = 4,7k$$

$$A_{vo2} = - \beta R_{C2} / r_\pi = - 100 \cdot 4,7 / 2,11 = - 222,75$$



Tầng 3:

$$r_e = V_T / I_E = 0,026 / 2,9 = 0,01k$$

$$R_{in3} = R_3 // R_4 // (\beta + 1)(r_e + R_{E3}) = 91 // 120 // 221 = 42k$$

$$R_{out3} = r_e // R_{E3} = 0,01 // 2,2 = 0,01k$$

$$A_{vo3} = R_{E3} / (R_{E3} + r_e) = 2,2 / (2,2 + 0,01) = 1$$

Ghép tầng:

$$A_v = A_{vo1} \cdot \frac{R_{in2}}{(R_{out1} + R_{in2})} \cdot A_{vo2} \cdot \frac{R_{in3}}{(R_{out2} + R_{in3})} \cdot A_{vo3} \cdot \frac{R_L}{(R_{out3} + R_L)}$$

$$= -8,4 \cdot 2,11 / (15 + 2,11) \cdot (-222,75) \cdot 42 / (4,7 + 42) \cdot 1 \cdot 1$$

$$= 207,5$$

$$G_v = A_v \cdot \frac{R_{in1}}{(R_s + R_{in1})}$$

$$= 207,5 \cdot 1 = 207,5$$

$$R_i = R_{in1} = 0,8M$$

$$R_o = R_{out3} = 0,01k$$

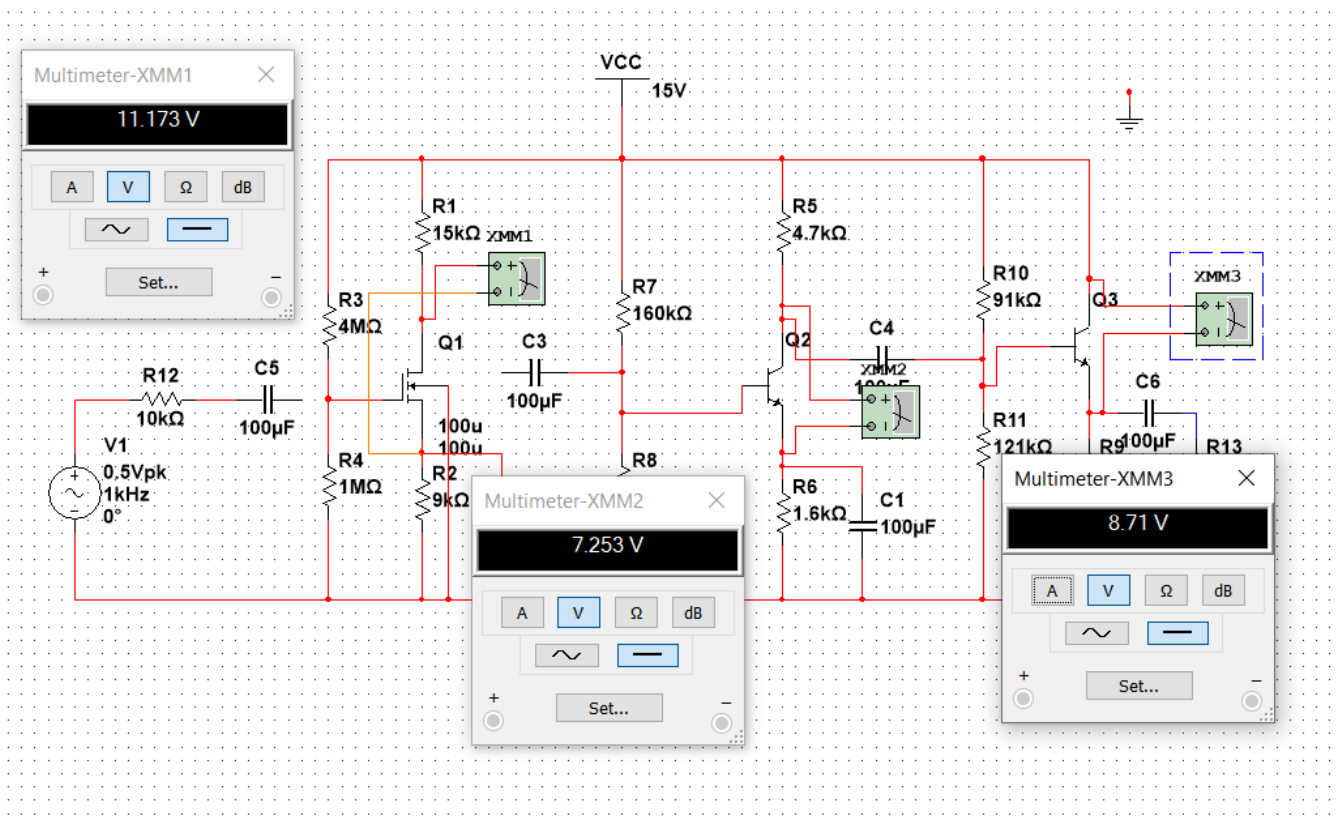
Grapher View

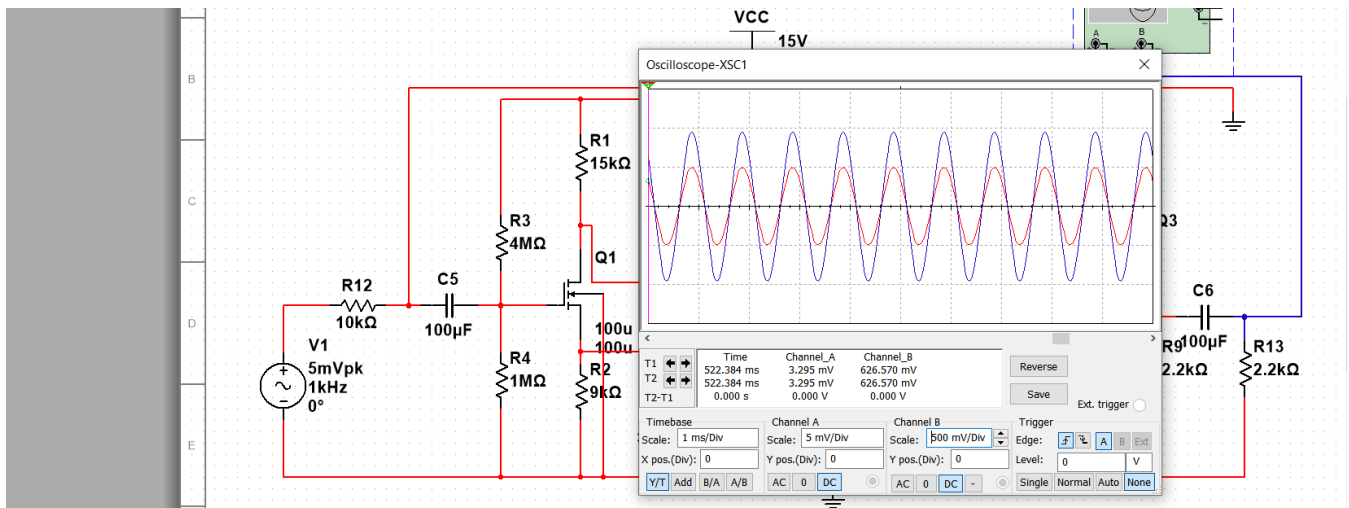
File Edit View Graph Trace Cursor Legend Tools Help

Oscilloscope-XSC1 | Oscilloscope-XSC1 | Oscilloscope-XSC1 | DC Operating Point | DC Operating Point | DC Operatin

Bai 6 DC Operating Point Analysis

	Variable	Operating point value
1	I(MQ1[ID])	159.47186 u
2	I(Q2[IC])	1.22657 m
3	I(Q3[IC])	2.83076 m





c/ Vẽ dạng sóng ngõ vs và vo khi đi qua từng tầng (vị trí trước khi đi qua tụ ghép)

Tầng 1:

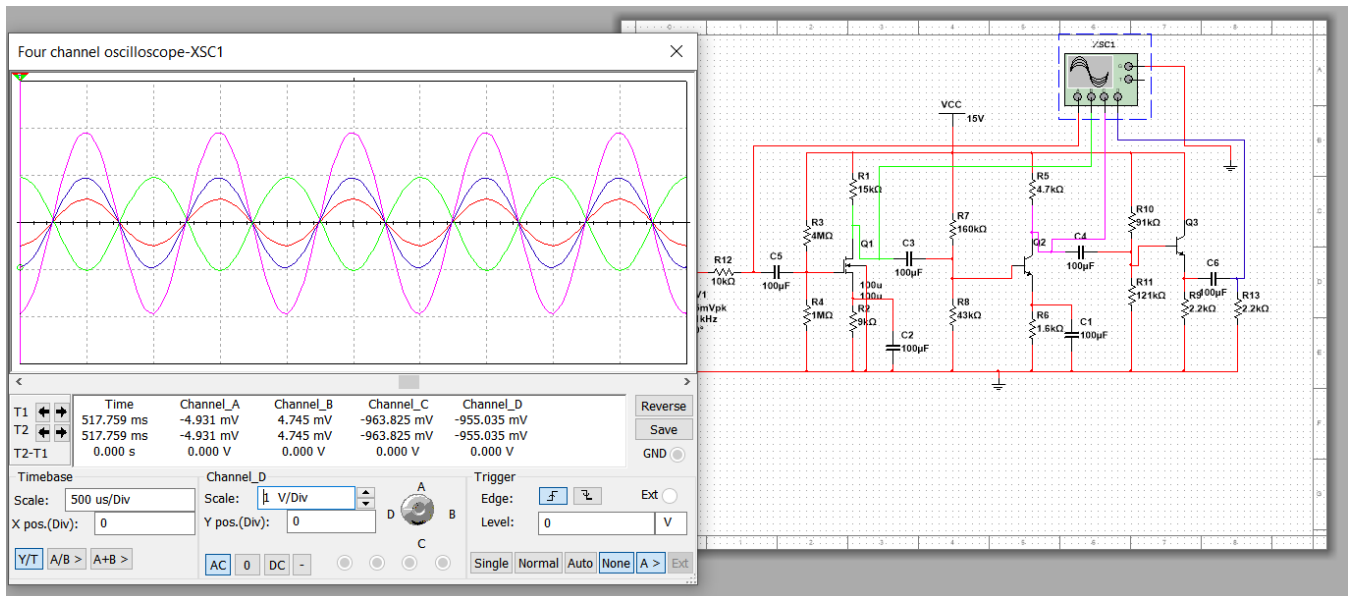
- Tín hiệu DC tại cực D: $V_D = V_{DS} + V_S = 11,16 + 0,16,9 = 12,6V$
- Tín hiệu AC vào tầng 1:
- Tín hiệu AC: $v_{i1} = v_s \cdot R_{in1} / (R_{in1} + R_s) = 5\sin(\omega t) \cdot 1 = 5\sin(\omega t) \text{ mV} \rightarrow v_{gs} = 5\sin(\omega t) \text{ mV} \rightarrow$ Thỏa tín hiệu nhỏ
- Tín hiệu AC ra tầng 1:
 - Không tải: $v_{o1} = A_{vo1} \cdot v_{i1} = -8,4 \cdot 5\sin(\omega t) = -42\sin(\omega t) \text{ mV}$
 - Ghép tải: $v_{i2} = R_{in2} / (R_{out1} + R_{in2}) \cdot v_{o1} = -2,11 / (15 + 2,11) \cdot 42\sin(\omega t) = -5,2\sin(\omega t) \text{ mV}$

Tầng 2:

- Tín hiệu DC tại cực C: $V_C = V_{CE} + V_E = 6,81 + 1,3 \cdot 1,6 = 8,9V$
- Tín hiệu AC vào tầng 2: $v_{i2} = -5,2\sin(\omega t) \text{ mV} \rightarrow v_{be} = -5,2\sin(\omega t) \text{ mV} \rightarrow$ (Thỏa tín hiệu nhỏ)
- Tín hiệu AC ra tầng 2:
 - Không tải: $v_{o2} = A_{vo2} \cdot v_{i2} = 222,75 \cdot 5,2\sin(\omega t) = 1154\sin(\omega t) \text{ mV}$
 - Ghép tải: $v_{i3} = R_{in3} / (R_{out2} + R_{in3}) \cdot v_{o2} = 42 / (4,7 + 42) \cdot 1154\sin(\omega t) = 1038\sin(\omega t) \text{ mV}$

Tầng 3:

- Tín hiệu DC: $V_E = 2,9 \cdot 2,2 = 6,38V$
- Tín hiệu AC vào tầng 3: $v_{i3} = 1038\sin(\omega t) \text{ mV}$
 $\rightarrow v_{be} = v_i \cdot r_{\pi} / (r_{\pi} + (\beta + 1)R_E) = 1038\sin(\omega t) \cdot 1 / (1 + 220) = 4,7\sin(\omega t) \text{ mV}$ (Thỏa tín hiệu nhỏ)
- Tín hiệu AC ra tầng 3:
 - Không tải: $v_{o3} = A_{vo3} \cdot v_{i3} = 1 \cdot 1038\sin(\omega t) = 1038\sin(\omega t) \text{ mV}$
 - Ghép tải: $v_L = R_L / (R_{out3} + R_L) \cdot v_{o3} = 1 \cdot 1038\sin(\omega t) = 1038\sin(\omega t) \text{ mV}$

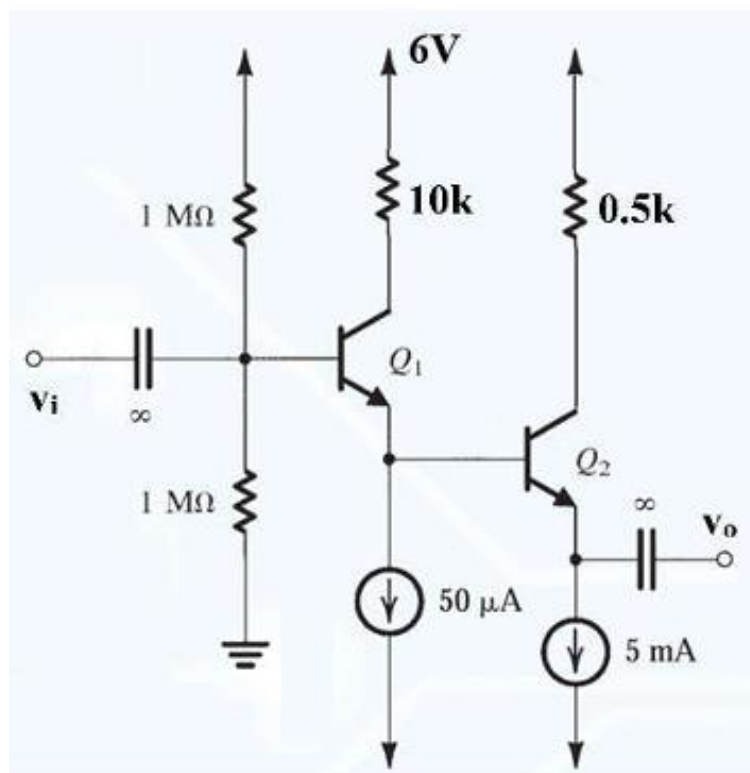


Bài 7: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ . BJT Q1 có hệ số $\beta = 50$ và Q2 có hệ số $\beta = 100$. Các hệ số $V_A = \infty$

a/ Tìm điểm hoạt động Q1 và Q2 của BJT. Đặt nguồn $v_s = V_m \sin \omega t$ có nội trở $R_S = 100k\Omega$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1k\Omega$

b/ Tìm A_{vo} , G_v , R_i , R_o của mạch.

c) Tìm biên độ lớn nhất của V_m để v_s là tín hiệu nhỏ ở cả hai tầng



Giải

a/ Giả sử cả hai BJT hoạt động miền KĐ

$$V_{th} = V_{CC} \cdot 1M / 2M = 3V; \quad R_{th} = R_1 // R_2 = 0,5M\Omega$$

$$I_{C2} = I_{E2} = \boxed{5\text{mA}} \rightarrow I_{B2} = I_{C2}/\beta_2 = 5\text{mA}/100 = 0,05\text{ mA}$$

$$I_{E1} = 50\text{ }\mu\text{A} + I_{B2} = 50\text{ }\mu\text{A} + 0,05\text{ mA} = 100\text{ }\mu\text{A}$$

$$\rightarrow I_{C1} = I_{E1} = \boxed{100\text{ }\mu\text{A}} \rightarrow I_{B1} = I_{C1}/\beta_1 = 100\text{ }\mu\text{A}/50 = 2\text{ }\mu\text{A}$$

Xét KVL I:

$$2V_{CC} = I_{C1}.R_{C1} + V_{CE1} + V_{BE2} + V_{5\text{mA}}(1)$$

$$\rightarrow 12 = 10\text{k} \cdot 100\text{ }\mu + V_{CE1} + 0,7 + V_{5\text{mA}}$$

$$\rightarrow 10,3 = V_{CE1} + V_{5\text{mA}} \rightarrow V_{5\text{mA}} = 6,6\text{ V}$$

$$\text{Xét KVL II: } 2V_{CC} = R_{C2}.I_{C2} + V_{CE2} + V_{5\text{mA}} \quad (2)$$

$$\rightarrow 12 = 0,5\text{k} \cdot 5\text{mA} + V_{CE2} + V_{5\text{mA}}$$

$$\rightarrow 9,5 = V_{CE2} + V_{5\text{mA}} \rightarrow \boxed{V_{CE2} = 2,9\text{ V}}$$

$$\text{Xét KVL III: } 2V_{CC} = R_{C1}.I_{C1} + V_{CE1} + V_{50\text{ }\mu\text{A}} \quad (3)$$

$$\rightarrow 12 = 10\text{k} \cdot 100\text{ }\mu + V_{CE1} + V_{50\text{ }\mu\text{A}}$$

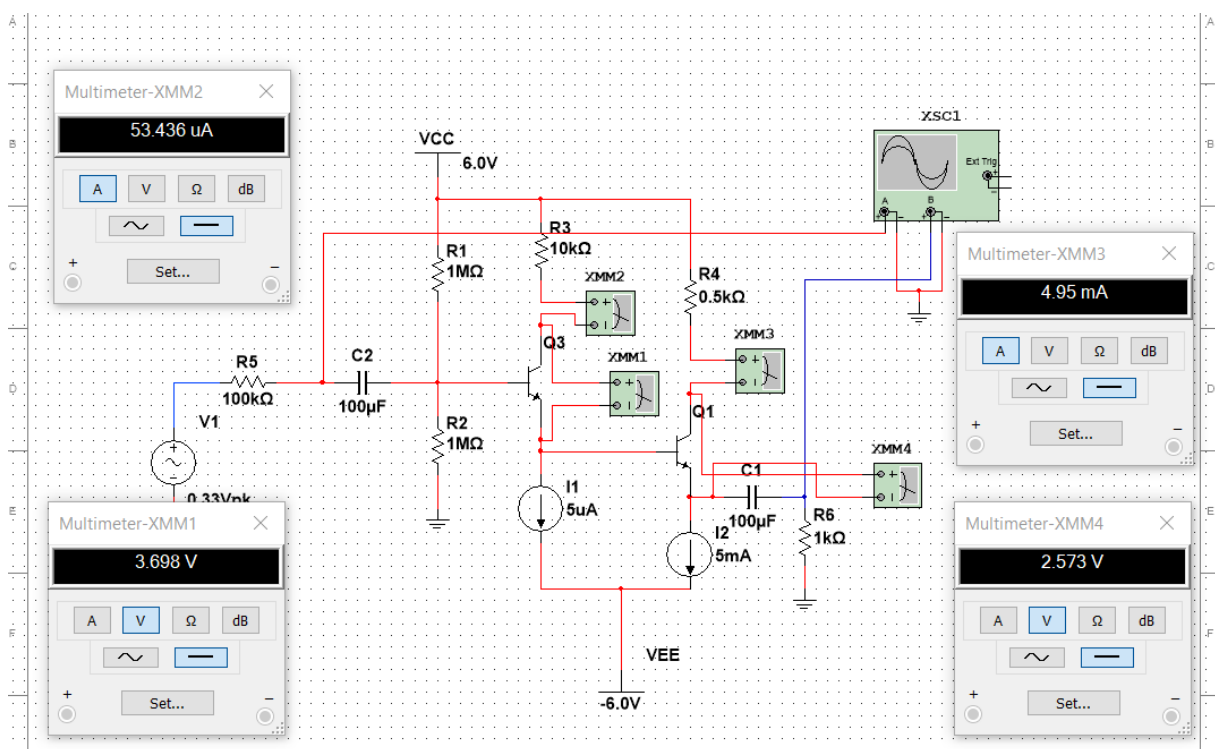
$$\rightarrow 11 = V_{CE1} + V_{50\text{ }\mu\text{A}} \rightarrow \boxed{V_{CE1} = 3,7\text{ V}}$$

$$\text{Xét KVL IV: } V_{th} = I_{B1}.R_{th} + V_{BE1} + V_{50\text{ }\mu\text{A}} \quad (4)$$

$$\rightarrow 9 = 0,5\text{M} \cdot I_{B1} + 0,7 + V_{50\text{ }\mu\text{A}}$$

$$\rightarrow V_{50\text{ }\mu\text{A}} = 7,3\text{ V}$$

$$\boxed{Q_1(100\text{ }\mu\text{A}; 3,7\text{V})} \text{ và } \boxed{Q_2(5\text{mA}; 2,9\text{V})}$$



b/

Tầng 1: $V_x/V_i = R_{E1}/(R_{E1} + 1/g_{m1}) \approx 1$ (Do R_{E1} là nguồn dòng)

Tầng 2: $V_o/V_x = R_{E2}/(R_{E2} + 1/g_{m2} + (\beta+1).(1/g_{m1})) \approx 1$ (Do R_{E2} là nguồn dòng)

Ta có: $g_{m1} = I_{C1}/V_T = 100\text{ }\mu\text{A}/25\text{mA} = 4\text{ mS}$; $g_{m2} = I_{C2}/V_T = 50\text{ }\mu\text{A}/25\text{mA} = 2\text{ mS}$

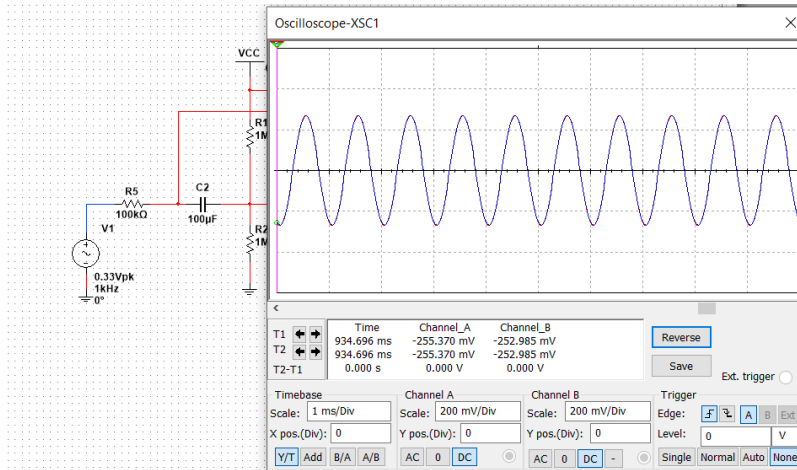
Suy ra : $\boxed{A_{vo} \approx 1}$

$$R_{in} = R_1//R_2/(r_\pi + (\beta + 1)R_{E1}) = R_1//R_2 = \boxed{0.5\text{ M}\Omega}$$

$$R_{out} = 1/g_{m2} = 1/2 \text{ mS} = \boxed{500\Omega}$$

$$A_v = A_{vo} \cdot \frac{R_L}{R_{out} + R_L} = \frac{R_L}{R_{out} + R_L} = \frac{1k}{0,5k + 1k} \approx \boxed{0,67 \text{ V/V}}$$

$$G_v = A_v \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} = 0,67 \cdot \frac{0,5M}{0,5M + 100k} = \boxed{0,56 \text{ V/V}}$$



Xét tầng 1: Tìm điểm chuyển từ OFF → Khuếch đại của Q1

Ban đầu Q1 tắt : $I_{B1}=I_{C1}=I_{E1}=0$

Q1 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be} = V_{be(on)} = 0.7V$

Điểm chuyển: $V_i = V_{BE1} + V_C = 0 + 0.7 \text{ V}$

Tìm điểm chuyển từ KĐ → Bảo hoà của Q1:

Ban đầu Q1 ở KĐ: $I_{C1} = \beta I_{B1}$; $V_{CE} > V_{CE(sat)} = 0.2V$;

$V_o = V_{CC} - I_{C1}R_{C1} - V_{CE}$

- Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2V$
- $V_o = 6 - 100\mu \cdot 10k - 0.2 \rightarrow V_o = 4,8 \text{ V}$
- $V_i = V_{BE1} + V_o = 4,8 + 0,6 = 5,4 \text{ V}$

Tín hiệu nhỏ khi $V_i < 1/10 \cdot (5,4 - 0,7) = \boxed{0,48 \text{ V}}$

Xét tầng 2: Tìm điểm chuyển từ OFF → Khuếch đại của Q2

Ban đầu Q2 tắt : $I_{B2}=I_{C2}=I_{E2}=0$

Q2 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be2} = V_{be(on)} = 0.7V$

Điểm chuyển: $V_i = V_{BE2} + V_C = 0 + 0.7V$

Tìm điểm chuyển từ KĐ → Bảo hoà của Q2:

Ban đầu Q2 ở KĐ: $I_{C2} = \beta I_{B2}$; $V_{CE} > V_{CE(sat)} = 0.2V$;

$V_o = V_{CC} - I_{C1}R_{C2} - V_{CE}$

Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2V$

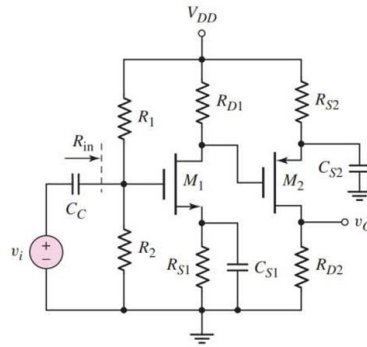
$V_o = 6 - 0,05m \cdot 0,5k - 0.2 \rightarrow V_o = 3,3 \text{ V} \rightarrow V_i = 0.7 + 3,3 \text{ V} = 4 \text{ V}$

Tín hiệu nhỏ khi $V_i < 1/10 \cdot (4 - 0,7) = \boxed{0,33 \text{ V}}$

c/

Biên độ lớn nhất của V_m để vi là tín hiệu nhỏ ở cả 2 tầng là $V_{\max} = 0,33 \text{ V}$

Bài 8: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Mạch có $R_{in}=400\text{K}\Omega$ và $V_{DD}=5\text{V}$. M_1, M_2 có $K_{n1} = 200 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $V_{TN1}=0.6\text{V}$, $K_{p2} = 1 \text{ mA}/\text{V}^2$, $V_{TP2}=-0.6\text{V}$ và $V_{A1}=V_{A2}=\infty$. Giả sử các tụ có giá trị rất lớn.



a) Thiết kế mạch để M_1 có $Q_1(I_{DS1}=0.2\text{mA}; V_{DS1}=2\text{V})$; M_2 có $Q_2(I_{DS2}=0.5\text{mA}; V_{SD2}=3\text{V})$ và điện áp DC trên R_{S1} là 0.6V .

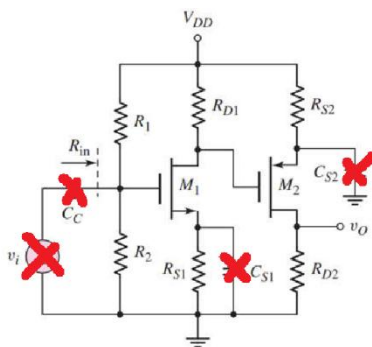
Đặt $v_s = 2\sin(\omega t)$ (mV) vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L=1\text{k}\Omega$.

b) Tìm A_v , G_v , R_i , R_o của mạch.

c) Vẽ ngõ ra v_o .

d) Lựa chọn các tụ C_C , C_{S2} để mạch có $f_L=100\text{Hz}$.

a) Bỏ qua V_A khi tính DC, xét DC:



Giả sử cả 2 Fet M_1 và M_2 đều hoạt động sat

Xét M_1 : $I_{DS1} = \frac{1}{2} K_{n1} (V_{GS1} - V_{TN1})^2 \Rightarrow 0,2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot (V_{GS1} - 0,6)^2$

$\Rightarrow V_{GS1} = 2\text{V} > V_{TN1}$ (bỏ nghiệm âm)

Vì $V_{DS} > V_{DSsat} = V_{GS1} - V_{TN1} \Rightarrow M_1$ hoạt động sat là hợp lí

Từ: $V_{GS1} = V_{G1} - V_{S1} \Rightarrow 2 = V_{G1} - 0,6 \Rightarrow V_{G1} = 2,6\text{V} = V_{R2}$

Vì R_1 nt R_2 nên theo chia áp:

$$R_2 / (R_1 + R_2) = V_{R2} / V_{DD} = 2,6 / 5 = 0,52$$

$$\text{Mặt khác: } R_{in} = R_1 // R_2 = 400\text{k} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

Suy ra: $R_1=770k$ và $R_2=834k$

Có: $R_{S1} = V_{S1}/I_{DS1} = 0,6/0,2 \Rightarrow R_{S1}=3k$

$V_{RD1} = V_{DD} - V_{DS1} - V_{S1} = 5 - 2 - 0,6 = 2,4V$

$\rightarrow R_{D1} = V_{RD1}/I_{DS1} = 2,4/0,2 \Rightarrow R_{D1}=12k$

Xét M2: $I_{DS2} = 1/2.K_p.(V_{GS2} - V_{TP2})^2$

$\Rightarrow 0,5 = 1/2.1.(V_{GS2} + 0,6)^2$

$\Rightarrow V_{GS2} = -1,6V < V_{TP1}$ (bỏ nghiệm dương)

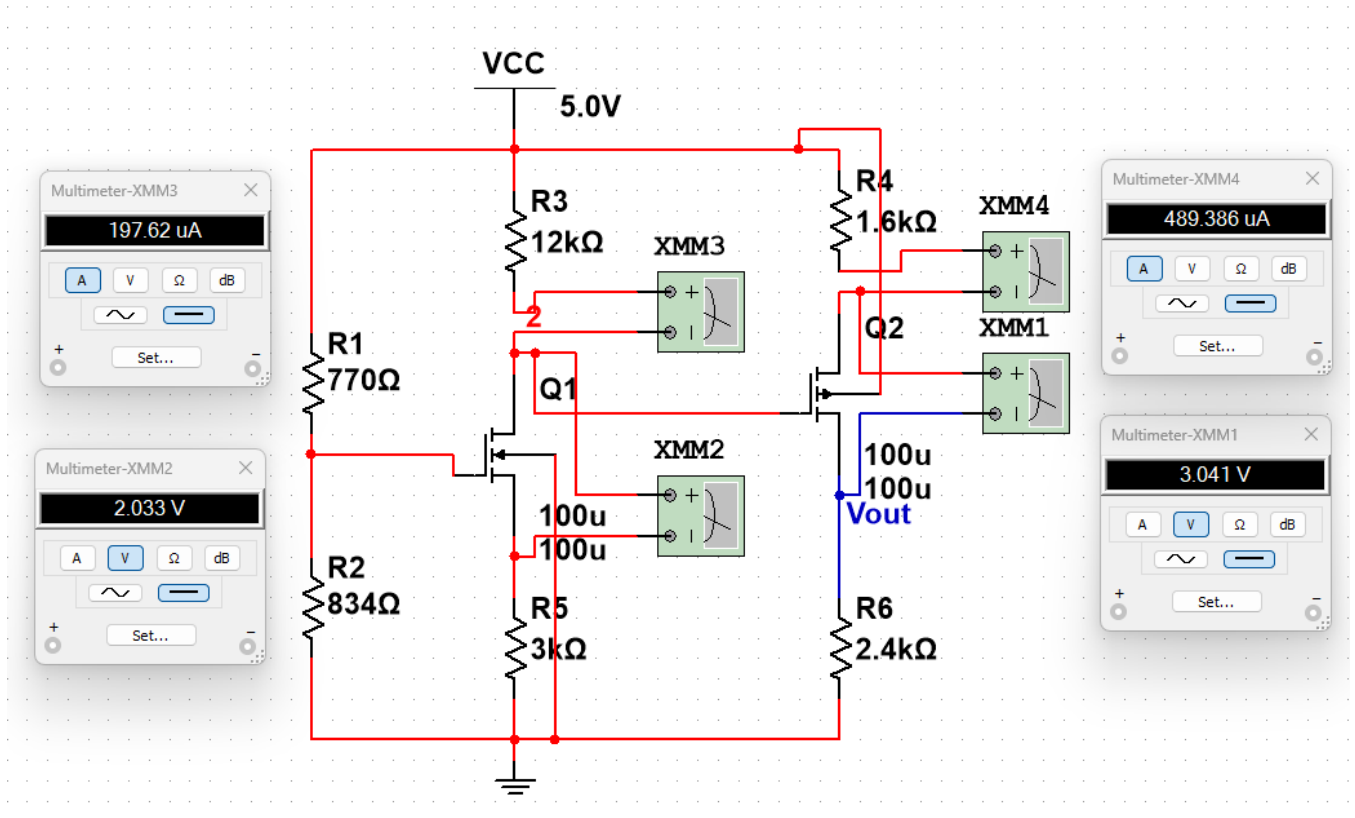
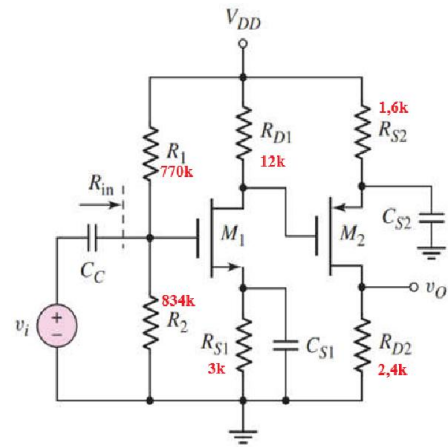
Vì $V_{DS2} < V_{DSsat} = V_{GS2} - V_{TP2} \Rightarrow M2$ hoạt động sat là hợp lí

Ta có: $V_{G2} = V_{D1} = V_{DD} - V_{RD1} = 5 - 2,4 = 2,6V$

Từ: $V_{GS2} = V_{G2} - V_{S2} \Rightarrow -1,6 = 2,6 - V_{S2} \Rightarrow V_{S2} = 4,2V$

$V_{RS2} = V_{DD} - V_{S2} = 5 - 4,2 = 0,8V \Rightarrow R_{S2} = V_{RS2}/I_{DS2} = 0,8/0,5 \Rightarrow R_{S2} = 1,6k$

$V_{RD2} = V_{DD} - V_{SD2} - V_{RS2} = 5 - 3 - 0,8 = 1,2V \Rightarrow R_{D2} = V_{RD2}/I_{DS2} = 1,2/0,5 \Rightarrow R_{D2} = 2,4k$



b)

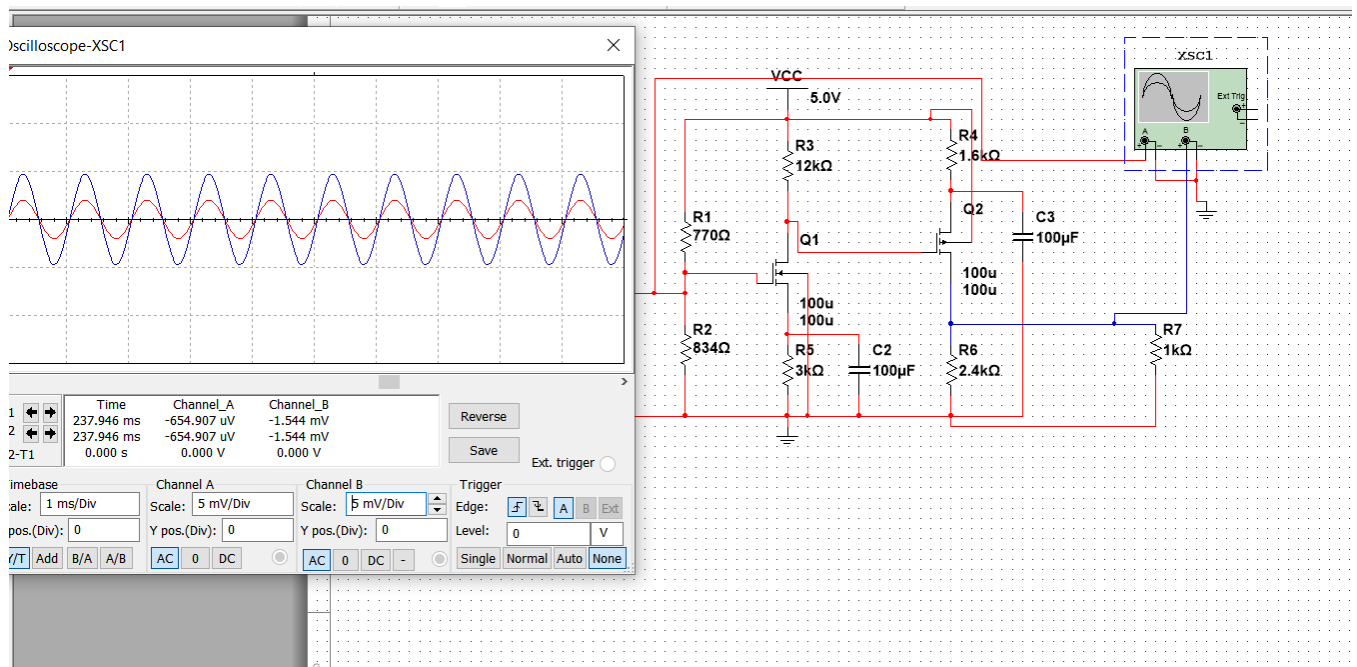
	<p>Tầng 1 :</p> $g_{m1} = K_n \cdot (V_{GS1} - V_{TN1}) = 0,2 \cdot (2 - 0,6) = 0,28(\text{mS})$ $r_{o1} = \infty \text{ (bỏ qua do } V_A = \text{ vô cực)}$ $A_{v01} = -g_{m1} \cdot R_{D1} = -0,28 \cdot 12 = -3,36$ $R_{in1} = R1 // R2 = 400\text{k}$ $R_{out1} = R_{D1} = 12\text{k}$
	$g_{m2} = K_p \cdot V_{GS2} - V_{TP2} = 1 \cdot -1,6 + 0,6 = 1(\text{mS})$ $r_{o2} = \infty \text{ (bỏ qua do } V_B = \infty)$ $A_{v02} = -g_{m2} \cdot (R_{D2} // R_L) = -1 \cdot 2,4 = -0,706$ $R_{in2} = \infty$ $R_{out2} = R_{D2} // R_L = 2,4 // 1\text{k} = 706$

Ghép tầng (có tải R_L , không có R_{signal})

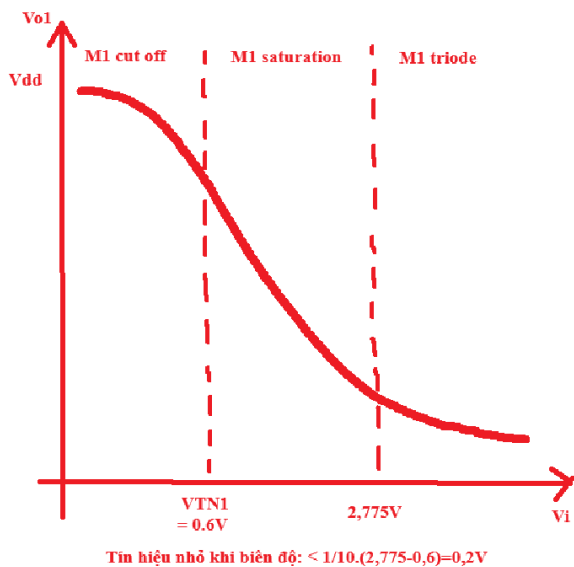
$$R_i = R_{in1} = 400\text{k}$$

$$R_o = R_{out2} = 706$$

$$G_v = A_v = A_{v01} \cdot R_{in2} / (R_{out1} + R_{in2}) \cdot A_{v02} \cdot R_L / (R_L + R_{out2}) = -3,36 \cdot 1 \cdot -0,706 \cdot 1\text{k} / (1\text{k} + 706) = 1,39$$



c)



Cut off → Sat của M1:

Ban đầu M1 tắt: $I_{DS1}=0 \Rightarrow V_{S1} = 0$

M1 chuyển sang Sat khi: $V_{GS1} = V_{TN1} = 0,6V$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS1} + V_{S1} = 0,6 + 0 = 0,6V$

Sat → Triode của M1:

Ban đầu M1 ở Sat: $I_{DS1}=1/2.K_n.(V_{GS1} - V_{TN1})^2$

Có $V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}(R_{D1} + R_{S1})$

M1 chuyển từ Sat sang Triode ở biên khi:

$V_{DS1} = V_{DS1(sat)} = V_{GS1} - V_{TN1}$

$\Rightarrow V_{DD} - I_{DS1}(R_{D1} + R_{S1}) = V_{GS1} - V_{TN1}$

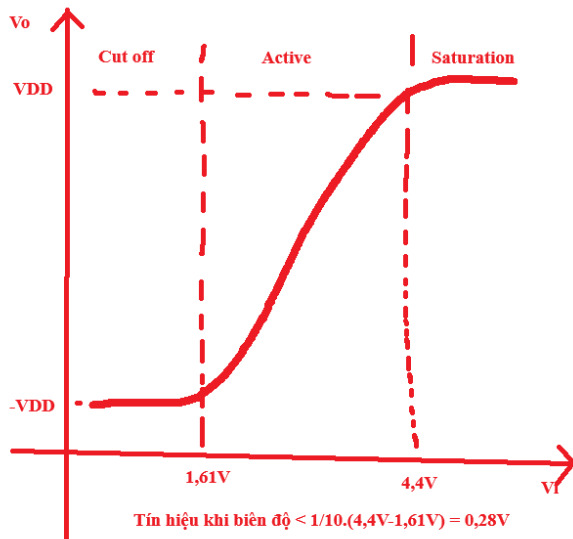
$\Rightarrow V_{DD} - 1/2.K_n.(V_{GS1}-V_{TN1})^2 (R_{D1}+R_{S1})= V_{GS1} - V_{TN1}$

$\Rightarrow 5 - 1/2 \cdot 0,2 \cdot (V_{GS1} - 0,6)^2 \cdot (12+3) = V_{GS1} - 0,6$

$\Rightarrow V_{GS1} = 2,1V$ hoặc $V_{GS1} = -1,6V$ (bỏ vì đây là nmos)

$\Rightarrow I_{DS1} = 1/2 \cdot 0,2 \cdot (2,1-0,6)^2 = 0,225 \text{ (mA)}$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS1} + V_{S1} = V_{GS1} + I_{DS1}.R_{S1}$
 $= 2,1 + 0,225 \cdot 3 = 2,775V$



Cut off → Sat của M2:

Ban đầu M2 tắt: $I_{DS2} = 0 \Rightarrow V_{S2} = 0$

M2 chuyển sang Sat khi: $V_{GS2} = V_{TP2} = -0,6V$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS2} + V_{S2} = -0,6 + 5 = 4,4V$

Sat → Triode của M2:

Ban đầu M2 ở Sat: $I_{DS2}=1/2.K_p.(V_{GS2} - V_{TP2})^2$

Có $V_{DS2} = -V_{DD} - I_{DS2}(R_{D2} + R_{S2})$

M2 chuyển từ Sat sang Triode ở biên khi:

$V_{DS2} = V_{DS2(sat)} = V_{GS2} - V_{TP2}$

$\Rightarrow -V_{DD} + I_{DS2}(R_{D2} + R_{S2}) = V_{GS2} - V_{TP2}$

$\Rightarrow -V_{DD} + 1/2.K_p.(V_{GS2} - V_{TP2})^2 (R_{D2} + R_{S2}) = V_{GS2} - V_{TP2}$

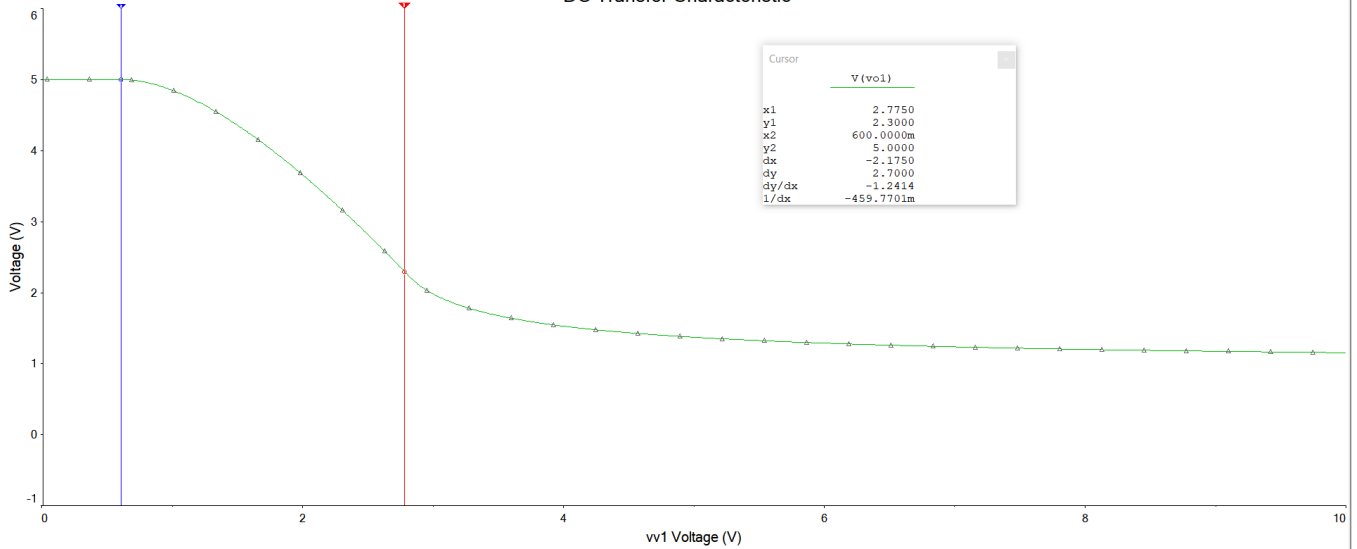
$\Rightarrow -5 + 1/2 \cdot 0,2 \cdot (V_{GS2} + 0,6)^2 \cdot (1,6+2,4) = V_{GS2} + 0,6$

$\Rightarrow V_{GS2} = -1,95V$ và $V_{GS2} = 1,25V$ (bỏ vì đây là pmos)

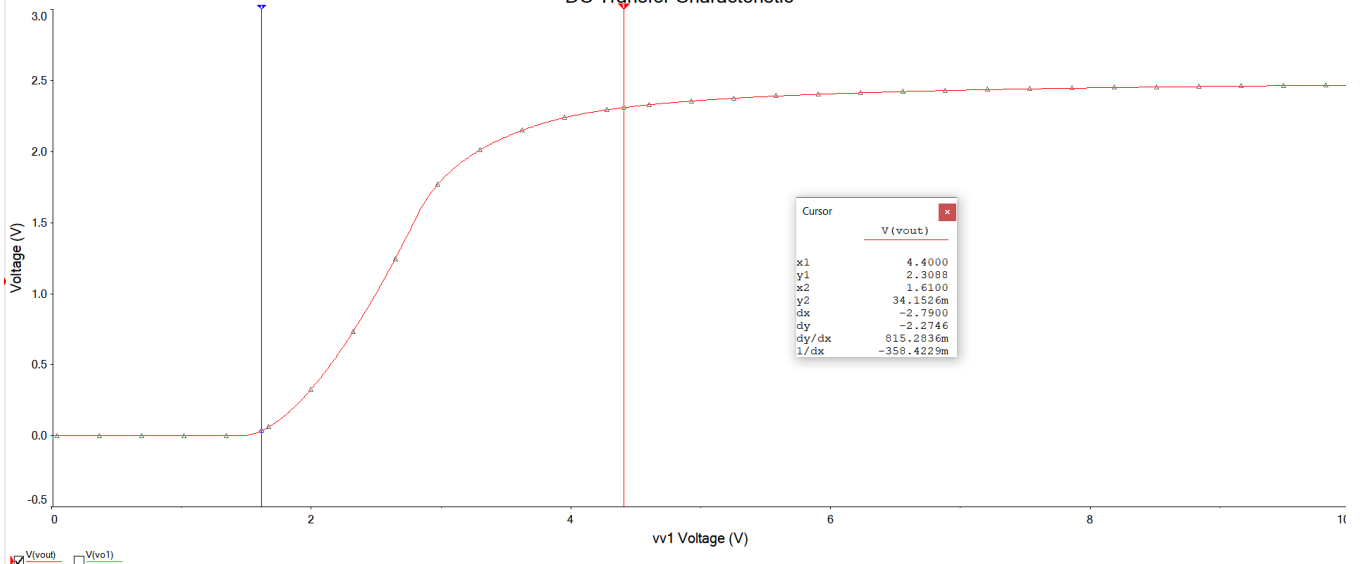
$\Rightarrow I_{DS2} = 1/2 \cdot 1 \cdot (-1,95+0,6)^2 = 0,9 \text{ (mA)}$

Điểm chuyển: $V_i = V_{GS2} + V_{S2} = V_{GS2} + (V_{DD} - I_{DS2}.R_{S2})$
 $= -1,95 + (5 - 0,9 \cdot 1,6) = 1,61V$

Bai 8
DC Transfer Characteristic



Bai 8
DC Transfer Characteristic



Tầng 1:

- Tín hiệu DC tại cực D: $V_{D1} = V_{DS1}$; $V_{S1} = 2 + 0,6 = 2,6V$
- Tín hiệu AC vào tầng 1:
- Tín hiệu AC: $v_{i1} = 2\sin(\omega t)$ mV (Do $R_{signal} = 0$) => Thỏa tín hiệu nhỏ
- Tín hiệu AC ra tầng 1:
 - Không tải: $v_{o1} = A_{vo1} \cdot v_{i1} = -3,36 \cdot 2\sin(\omega t) = -6,72\sin(\omega t)$ mV
 - Ghép tải: $v_{i2} = R_{in2} // (R_{out1} + R_{in2}) \cdot v_{o1} = 1 \cdot (-6,72\sin(\omega t)) = -6,72\sin(\omega t)$ mV

Tầng 2:

- Tín hiệu DC tại cực D: $V_{D2} = V_{RD2} = 1,2V$
- Tín hiệu AC vào tầng 2: $v_{i2} = -6,72\sin(\omega t)$ mV => (Thỏa tín hiệu nhỏ)
- Tín hiệu AC ra tầng 2:
 - Không tải: $v_{o2} = A_{vo2} \cdot v_{i2} = -0,706 \cdot (-6,72\sin(\omega t)) = 4,74432\sin(\omega t)$ mV
 - Có tải: $v_i = R_L / (R_L + R_{out2}) \cdot v_{o2} = 1k / (1k + 706) \cdot (4,74432\sin(\omega t)) = 2,78\sin(\omega t)$ mV

d)

Chọn $f_3 = f_2 = 0,4 \cdot f_L = 40\text{hz}$ và $f_1 = 0,2 \cdot f_L = 20\text{hz}$

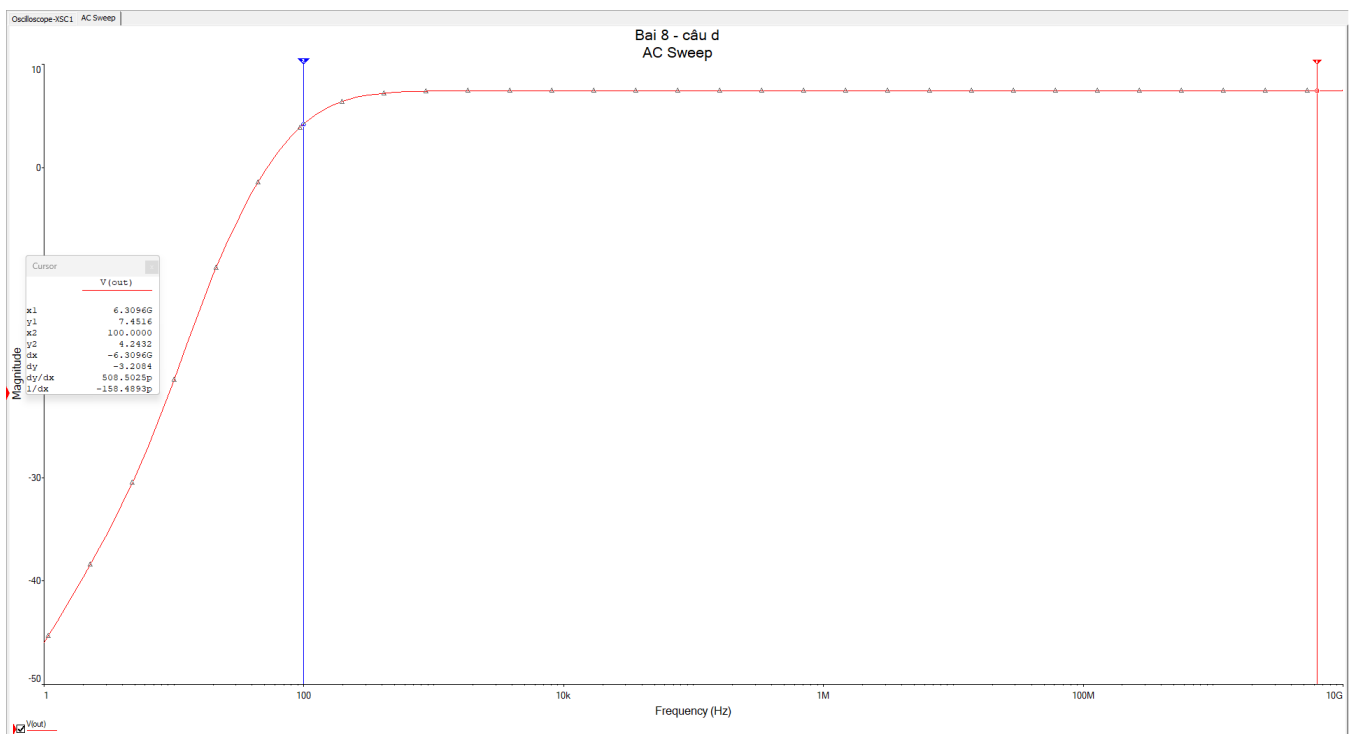
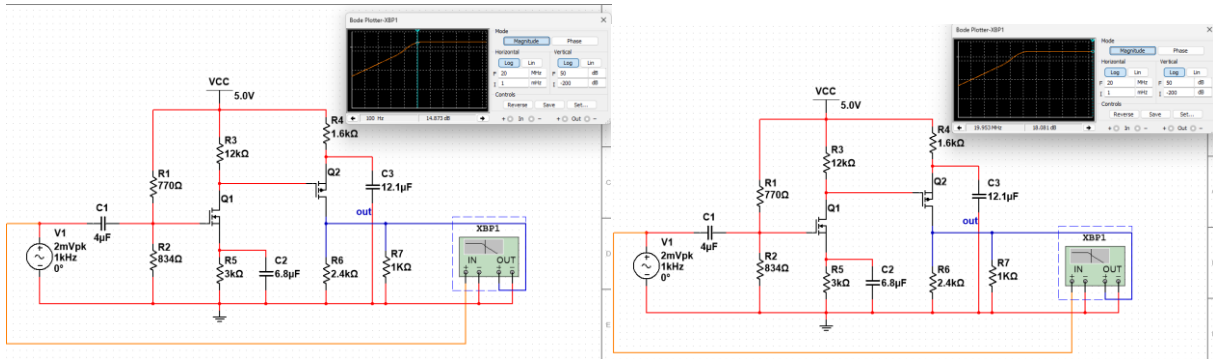
Tần số cắt thấp gây bởi tụ C_c : $f_1 = 1/(2\pi C_c R_{in}) \Rightarrow 20 = 1/(2\pi \cdot C_c \cdot 400k) \Rightarrow C_c = 4 \mu F$

Tần số cắt thấp gây bởi tụ C_{S1} : $f_2 = 1/(2\pi C_{S1} \cdot (R_{S1} // (1/g_{m1}) // R_{D1} // R_L))$

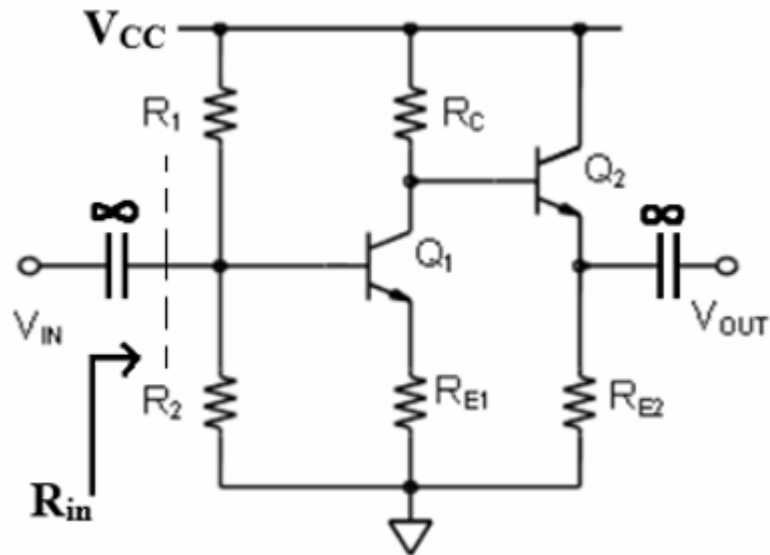
$$\Rightarrow 10 = 1/(2\pi C_{S1} \cdot (3k // (1/0,28m) // 12k // 1k)) \Rightarrow C_{S1} = 6,8 \mu F$$

Tần số cắt thấp gây bởi tụ C_{S2} : $f_3 = 1/(2\pi C_{S2} \cdot (R_{S2} // (1/g_{m2}) // R_{D2} // R_L))$

$$\Rightarrow 10 = 1/(2\pi C_{S2} \cdot (1,6k // (1/1m) // 2,4k // 1k)) \Rightarrow C_{S2} = 12,1 \mu F$$



Bài 9: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ . Mạch có $V_{CC} = 9V$. BJT Q1 và Q2 có hệ số $\beta = 100$. Các hệ số $V_A = \infty$



- a/ Thiết kế mạch để có Q_1 (0,5 mA; 3V) và Q_2 (2mA; 6V)
 . Đặt nguồn $v_s = V_m \sin \omega t$ có nội trở $R_S = 100k\Omega$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1k\Omega$
- b/ Tìm A_{v0} , G_v , R_i , R_o của mạch.
- c) Tìm biên độ lớn nhất của V_m để v_s là tín hiệu nhỏ ở cả hai tầng
- d/ Thiết kế mắc thêm tụ C để cải thiện thêm độ lợi của mạch. Tính lại G_v , R_i , R_o của mạch

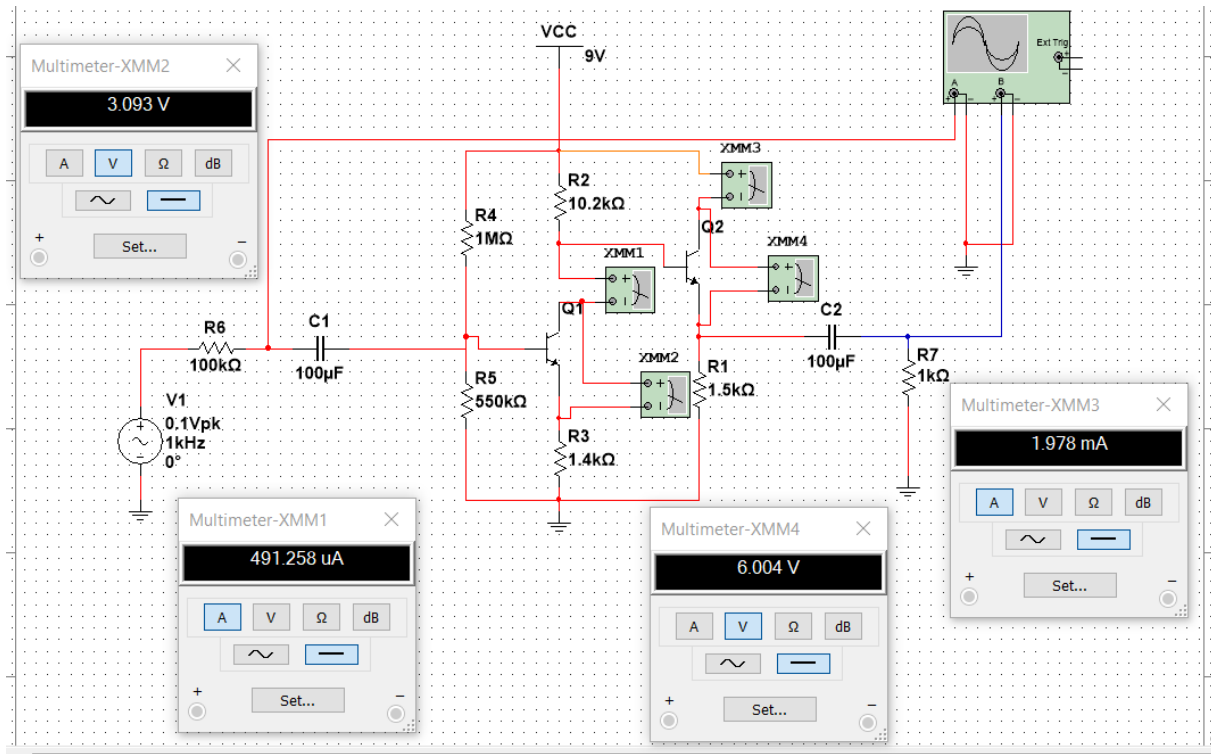
Giải

$$\text{KVL III: } V_{CC} = R_{C1}(I_{C1} + I_{B2}) + V_{BE2} + I_{E2} \cdot R_{E2} \rightarrow 9 = 0,52m \cdot R_{C1} + 0,7 + 2m \cdot R_{E2} \rightarrow \boxed{R_{C1} = 10,2k}$$

$$\text{KVL II: } V_{CC} = R_{C1}(I_{C1} + I_{B2}) + V_{CE1} + I_{E1} \cdot R_{E1} \rightarrow 9 = 0,52m \cdot R_{C1} + 3 + 0,5m \cdot R_{E1} \rightarrow \boxed{R_{E1} = 1,4k}$$

$$\text{KVL IV: } V_{CC} = V_{CE2} + I_{E2} \cdot R_{E2} \rightarrow 9 = 6 + 2m \cdot R_{E2} \rightarrow \boxed{R_{E2} = 1,5k}$$

Dựa vào mô phỏng, để mạch phân cực Q_1 và Q_2 , ta chọn : $\boxed{R_1 = 1M\Omega ; R_2 = 550k\Omega}$



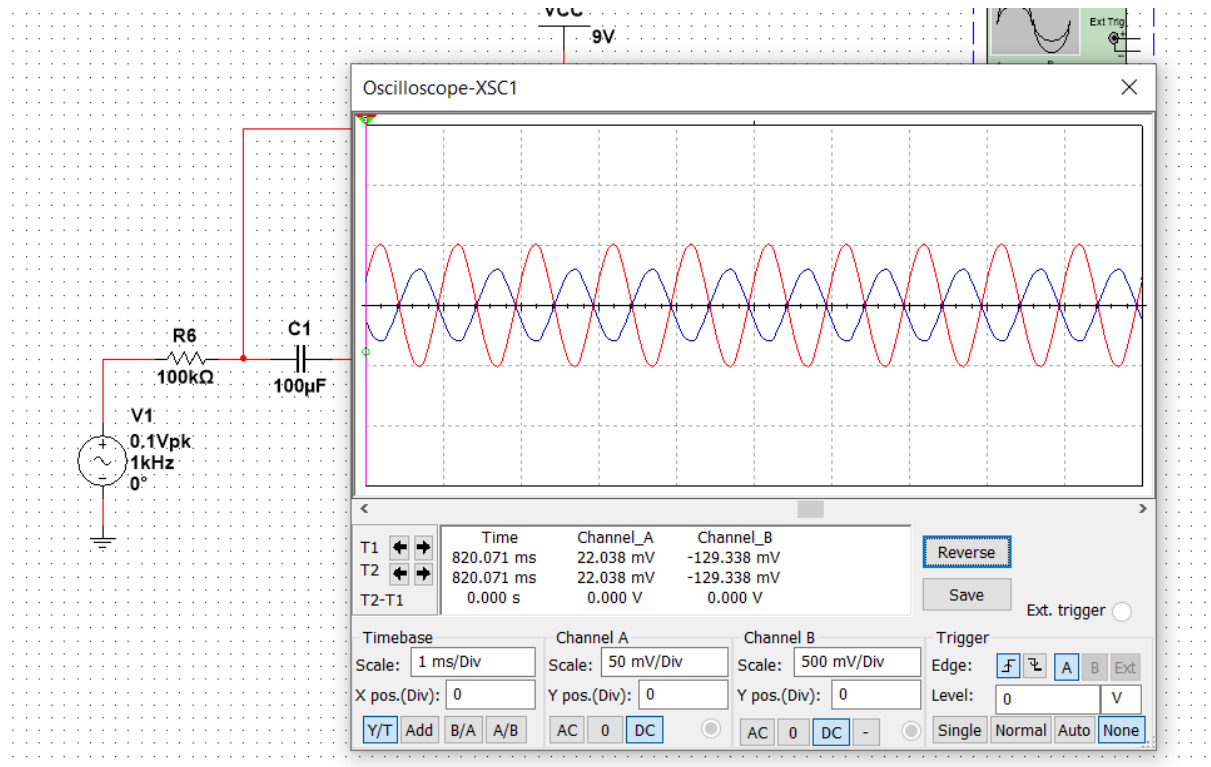
b/

$$g_{m1} = I_{C1}/V_T = 0,5\text{mA}/25\text{mV} = 0,02 \text{ S} ; g_{m2} = I_{C2}/V_T = 2\text{mA}/25\text{mV} = 0,08 \text{ S} ;$$

$$r_{\pi 2} = \beta \cdot V_T / I_{C2} = 100 \cdot 25\text{mV} / 2\text{mA} = 1250\Omega ;$$

$$R_{out} = R_{E2} // (1/g_{m2}) = 12,4\Omega ; R_{in} = R_1 // R_2 // (r_{\pi} + (\beta + 1)R_{E1}) = 101,74 \text{ k}\Omega$$

$$A_V = V_o/V_x \cdot V_x/V_i = - [R_{C1} // (r_{\pi 2} + (\beta + 1)R_{E2})] / [(1/g_{m1} + R_{E1})] \cdot [R_{E2} / (1/g_{m2} + R_{E2})] = -9,5.1 = -9,5 \text{ V/V}$$



c/

	<p>Xét tầng 1: Tìm điểm chuyển từ OFF \rightarrow Khuếch đại của Q1</p> <p>Ban đầu Q1 tắt : $I_{B1}=I_{C1}=I_{E1}=0$</p> <p>Q1 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be} = V_{be(on)}=0.7V$</p> <p>Điểm chuyển: $V_i=V_{BE1} + V_C=0 + 0.7 V$</p> <p>Tìm điểm chuyển từ KĐ \rightarrow Bảo hoà của Q1:</p> <p>Ban đầu Q1 ở KĐ: $I_{C1}=\beta I_{B1}$; $V_{CE} > V_{CE(sat)}=0.2V$;</p> <p>$V_{CE}=V_{CC}-I_{C1}(R_{C1} + R_{E1})$</p> <p>Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)}=0.2V$</p> <p>Suy ra : $0,2 = 9 - I_{C1} \cdot (1,4k + 10,2k) \rightarrow I_{C1} = 0,76 \text{ mA}$</p> <p>$\rightarrow V_i = V_{BE} + I_{C1} \cdot R_{C1} = 9 - 0,76m \cdot 1,4k = 1,764 V$</p> <p>Tín hiệu nhỏ của tầng 1 : $\boxed{1/10(1,764 - 0,7) = 0,1064 V}$</p>
	<p>Xét tầng 2: Tìm điểm chuyển từ OFF \rightarrow Khuếch đại của Q2</p> <p>Ban đầu Q1 tắt : $I_{B2}=I_{C2}=I_{E2}=0$</p> <p>Q1 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be} = V_{be(on)}=0.7V$</p> <p>Điểm chuyển: $V_i=V_{BE2} + V_C=0 + 0.7 V$</p> <p>Tìm điểm chuyển từ KĐ \rightarrow Bảo hoà của Q2:</p> <p>Ban đầu Q1 ở KĐ: $I_{C1}=\beta I_{B1}$; $V_{CE} > V_{CE(sat)}=0.2V$;</p> <p>$V_{CE}=V_{CC}-I_{E2} \cdot R_{E2}$</p> <p>Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)}=0.2V$</p> <p>$0,2 = 9 - I_{E2} \cdot 1,5k \rightarrow I_{C2} = 5,87 \text{ mA}$</p> <p>$\rightarrow V_i = V_{BE2} + I_{E2} \cdot R_{E2} = 0,7 + 5,87m \cdot 1,5k = 9,505 V$</p> <p>Tín hiệu nhỏ tầng 2 : $\boxed{1/10(9,505 - 0,7) = 0,8805 V}$</p>

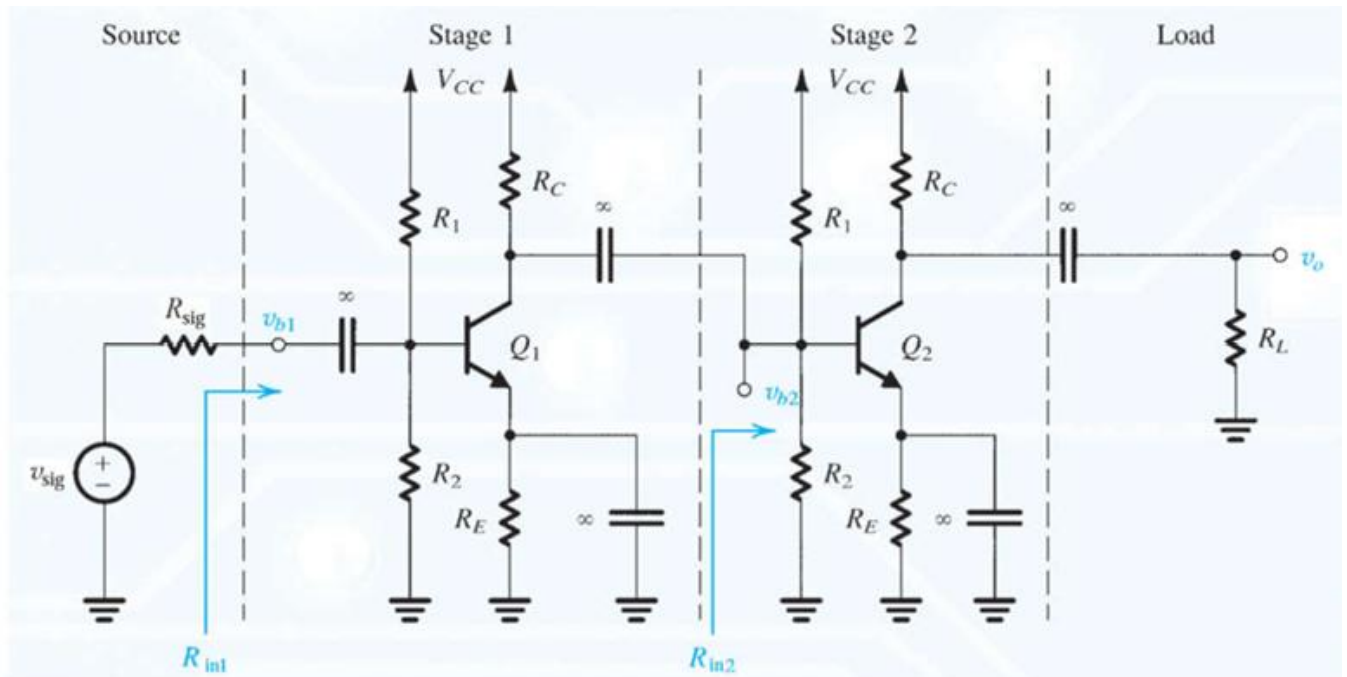
Biên độ lớn nhất của V_m để vi là tín hiệu nhỏ ở cả 2 tầng là $\boxed{V_{max} = 0,1064 V}$

d/ Thiết kế tụ C để có độ lợi lớn hơn , đặt C bypass tại cực E của BJT 1

$$G_v = (R_{in}/R_{in} + R_{sig}) \cdot (R_l/R_l + R_{out}) \cdot [-g_{m1} \cdot (R_{C1}/r_{\pi 2} + (\beta + 1)R_{E2}) \cdot R_{E2}/(1/g_{m2} + R_{E2})] = \boxed{-486,85 \text{ V/V}}$$

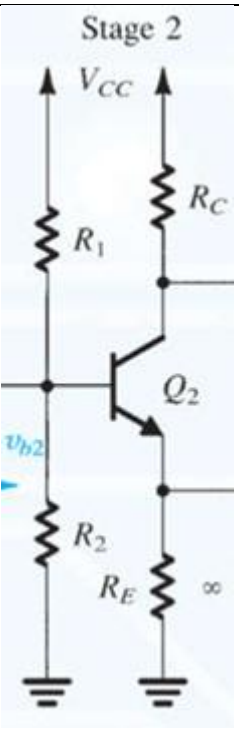
$$\boxed{R_{in} = R_1/R_2 = 354,83k\Omega} ; \boxed{R_{out} = (1/g_{m2} // R_{E2}) = 12,4\Omega}$$

Bài 10: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ . Mạch có $V_{CC} = 9V$. BJT Q1 và Q2 có hệ số $\beta = 100$. Các hệ số $V_A = \infty$



- Thiết kế mạch để có Q_1 (0,5 mA; 3V) và Q_2 (2mA; 6V). Đặt nguồn $v_s = V_m \sin \omega t$ có nội trở $R_S = 100k\Omega$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1k\Omega$
- Tìm A_{v_o} , G_v , R_i , R_o của mạch.
- Tìm biên độ lớn nhất của V_m để v_s là tín hiệu nhỏ ở cả hai tầng

	<p>Tầng 1:</p> <p>KVL I: $V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE} \rightarrow 9 = 0,5m \cdot (R_C + R_E) + 6 \rightarrow \boxed{R_C + R_E = 6k}$</p> <p>KVL II: $R_2 \cdot V_{CC} / (R_2 + R_1) = R_1 // R_2 \cdot I_B + I_E R_E + V_{BE}$</p> <p>Dùng mô phỏng, ta chọn được $\boxed{R_E = 2,5k\Omega ; R_C = 3,5k\Omega ; R_1 = R_2 = 1M}$</p>
--	---

	<p>Tầng 2 :</p> <p>KVL I: $V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE} \rightarrow 9 = 2m \cdot (R_C + R_E) + 6 \rightarrow \boxed{R_C + R_E = 1,5k}$</p> <p>KVL II: $R_2 \cdot V_{CC} / (R_2 + R_1) = R_1 // R_2 \cdot I_B + I_E R_E + V_{BE}$</p> <p>Dùng mô phỏng , ta chọn được $\boxed{R_E = 100\Omega ; R_C = 1,4k\Omega ; R_1 = R_2 = 350k\Omega}$</p>
---	--

b/ $g_{m1} = I_{C1} / V_T = 0,5m / 25m = 0,02 \text{ S} ; g_{m2} = I_{C2} / V_T = 2m / 25m = 0,08 \text{ S}$

$A_{vo1} = -g_{m1} \cdot R_{C1} ; A_{vo2} = -g_{m2} \cdot R_{C2} ; A_{vo} = -g_{m1} \cdot R_{C1} \cdot (-g_{m2} \cdot R_{C2}) = \boxed{7840 \text{ V/V}}$

$\boxed{R_{in} = R_1 // R_2 = 500k} ; \boxed{R_{out} = R_{C2} = 3,5k}$

$A_v = A_{vo} \cdot R_L / (R_L + R_{out}) = A_{vo} \cdot 1k / (1k + 3,5k) = \boxed{1742,22 \text{ V/V}}$

$G_v = A_v \cdot R_{in} / (R_{in} + R_{sig}) = A_v \cdot 500k / (500k + 100k) = \boxed{1451,85 \text{ V/V}}$

c/

	<p>Xét tầng 1: Tìm điểm chuyển từ OFF \rightarrow Khuếch đại của Q1</p> <p>Ban đầu Q1 tắt : $I_{B1} = I_{C1} = I_{E1} = 0$</p> <p>Q1 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be} = V_{be(on)} = 0.7V$</p> <p>Điểm chuyển: $V_i = V_{BE1} + V_C = 0 + 0.7 \text{ V}$</p> <p>Tìm điểm chuyển từ KĐ \rightarrow Bảo hoà của Q1:</p> <p>Ban đầu Q1 ở KĐ: $I_{C1} = \beta I_{B1} ; V_{CE} > V_{CE(sat)} = 0.2V ; V_{CE} = V_{CC} - I_{C1} \cdot (R_{C1} + R_{E1})$</p> <p>Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2V$</p> <p>$0,2 = 9 - I_{C1} \cdot 6k \rightarrow I_{C1} = 1,47 \text{ mA} \rightarrow V_i = V_{BE1} + I_{C1} \cdot R_{C1} = 4,375 \text{ V}$</p> <p>Tín hiệu nhỏ của tầng 1</p> <p>$\boxed{V_i < 1/10 \cdot (4,375 - 0,7) = 0,3675 \text{ V}}$</p> <p>Xét tầng 2:</p>
--	---

	<p>Tìm điểm chuyển từ OFF \rightarrow Khuếch đại của Q2</p> <p>Ban đầu Q1 tắt : $I_{B2}=I_{C2}=I_{E2}= 0$</p> <p>Q1 chuyển sang trạng thái KĐ khi : $V_{be} = V_{be(on)}=0.7V$</p> <p>Điểm chuyển: $V_i=V_{BE2} + V_C= 0 + 0.7 V$</p> <p>Tìm điểm chuyển từ KĐ \rightarrow Bảo hoà của Q2:</p> <p>Ban đầu Q1 ở KĐ: $I_{C2}=\beta I_{B2}$; $V_{CE} > V_{CE(sat)}=0.2V$;</p> <p>$V_{CE}=V_{CC}-I_{E2} \cdot (R_{E2}+R_{C2})$</p> <p>Q1 chuyển sang bão hoà khi : $V_{CE} = V_{CE(sat)}=0.2V$</p> <p>$0,2 = 9 - I_{E2} \cdot 1,5k \rightarrow I_{C2}= 5,87 \text{ mA} \rightarrow V_i = V_{BE2} + I_{C2} \cdot R_{C2} = 1,287 V$</p> <p>Tín hiệu nhỏ tầng 2</p> <p>$V_i < 1/10 (1,287 - 0,7) = 0,0587 V$</p>
--	--

Biên độ lớn nhất của V_m để vi là tín hiệu nhỏ ở cả 2 tầng là **$V_{max} = 0,0587 V$**