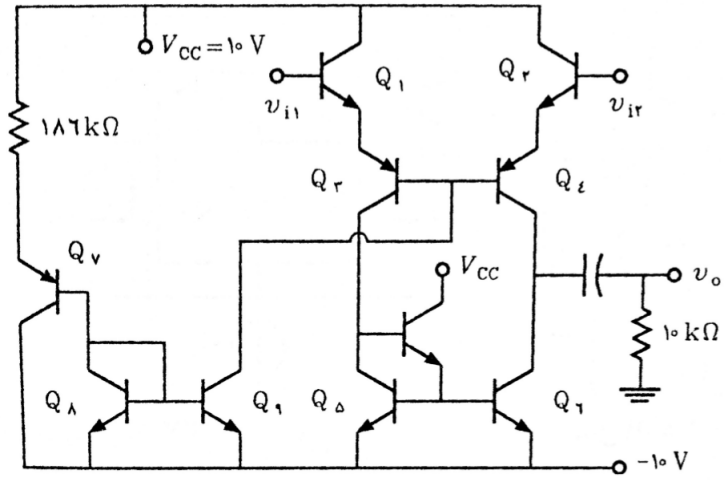
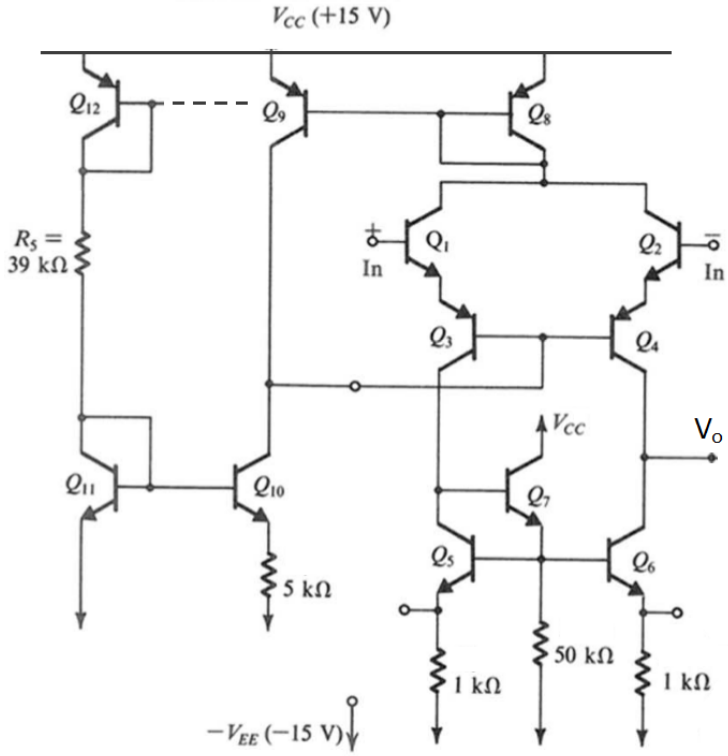
۷. در مدار شکل زیر جریان نقطه کار ترانزیستور ها ، بهره $A_v = \frac{v_o}{v_{id}}$ و مقاومت ورودی تفاضلی را محاسبه کنید.

$$\beta = 100 \quad , \quad |V_{BE(on)}| = 0.7v \quad , \quad V_A = 100v$$

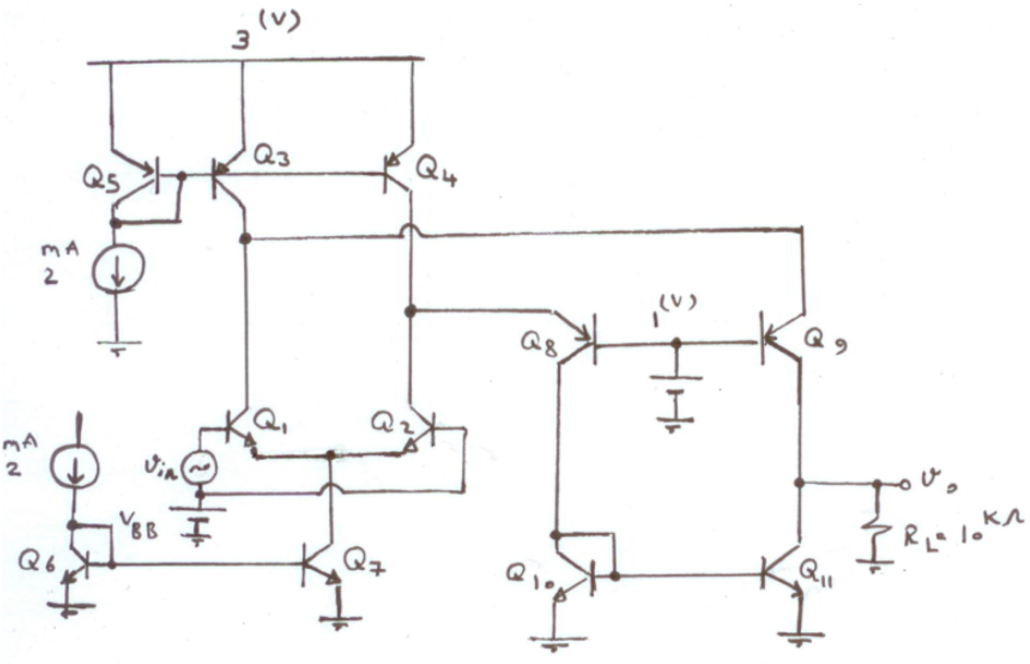



۸. مدار شکل زیر طبقه ورودی $OP-AMP$ 741 را نشان می دهد. جریان نقطه کار ترانزیستور ها ، بهره تفاضلی و بهره حالت مشترک را محاسبه کنید.

$$\beta_{npn} = 200 \quad , \quad \beta_{pnp} = 50 \quad , \quad V_{A(npn)} = 125v \quad , \quad V_{A(pnp)} = 50v$$



۹. با فرض $V_{BE(on)} = 0.7v$ و $V_A = 100v$ و $\beta_{npn} = 2\beta_{pnp} = 100$ به سوالات زیر پاسخ دهید.




(آ) نقاط کار ترانزیستور ها را محاسبه کنید.

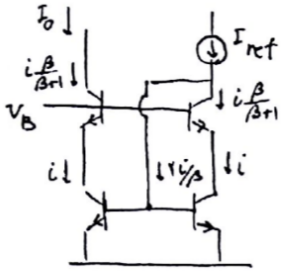
(ب) مقاومت دیده شده از دو سر منبع سیگنال ورودی و مقاومت خروجی را محاسبه کنید.

(ج) بهره سیگنال کوچک $A_v = \frac{v_o}{v_{in}}$ را به دست آورید.

(د) ماکزیمم $Swing$ خروجی را محاسبه کنید.

(ه) محدوده مجاز ولتاژ $V_{BB}$ را بدست آورید.

۱.




الف)

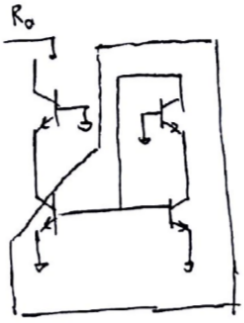
$$I_{ref} = i\frac{\beta}{\beta+1} + 2i/\beta \Rightarrow I_o = I_{ref}\frac{\beta/\beta+1}{\beta/\beta+1+2/\beta} \approx I_{ref}\left(1-\frac{2}{\beta}\right)$$

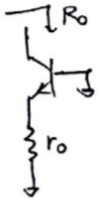
$$I_o = i\frac{\beta}{\beta+1}$$

$$\Rightarrow \boxed{\left|\frac{I_o - I_{ref}}{I_{ref}}\right| \approx \frac{2}{\beta}}$$

ب)

مدل ac :




$$R_o = r_o\left(1+g_m r_{n}\|r_o\right) \approx \beta r_o$$

$$= \beta\frac{V_A}{I_{ref}}$$

ج) حداقل ولتاژ لازم برای روشن ماندن مدار و اشباع نشدن آن ($V_{CS,min}$) با شرط $V_{CE} \geq 0.2$ تعیین می‌شود. لذا:

$$V_{CS,min} = V_B - 0.1 + 0.2 = V_B + 0.1$$

از طرفی برای اشباع نشدن $Q_4$ :

$$V_B - 0.1 \geq 0.2 \Rightarrow V_B \geq 0.9$$

لذا برای داشتن کمترین $V_{CS,min}$ : $\boxed{V_B = 0.9\,V}$ در این حالت: $\boxed{V_{CS,min} = 0.8\,V}$

(می‌توانید ببینید با این اعداد $Q_1$ و $Q_2$ همچنان active هستند.)

د)

| | این مدار | cascade |
|---|---|---|
| $R_o$ | $< \beta r_o$ | $\beta/2\, r_o$ |
| $V_{CS,min}$ | $< 0.8\,V$ | $0.9\,V$ |

هـ)

بررسی بایاس:

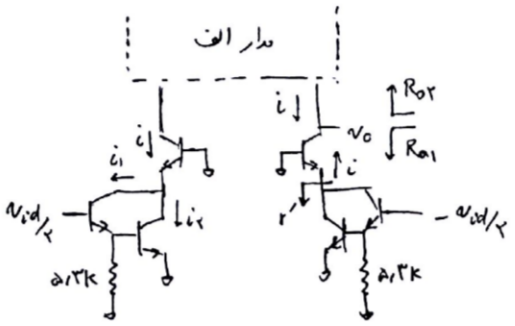
$$I_{CQ} = I_{C1_0} = \frac{-0.7V - (-7)}{6.2K} = 1m$$

مشابه $I_{C1_0} = 1m$ $\Rightarrow$ $g_m = 40m$, $r_\pi = 2.5K$, $r_o = 100K$

می‌توان دید ترانزیستورها در ناحیه فعال هستند. فعلاً نیازی به محاسبه $V_{CE}$ها نداریم.

مدار معادل حالت تفاضلی:

از تکنیک $G_m R_o$ استفاده می‌کنیم.




محاسبه $G_m$:

$$i_1 = \frac{v_{id}/2}{6.2K \| r_\pi + r_\pi}$$

$$i_2 = \frac{v_{id}/2}{6.2K \| r_\pi + r_\pi} \times g_m$$

$$\Rightarrow i = \frac{v_{id}}{2} g_m \Rightarrow i_{out} = 2i = g_m v_{id}$$

$$\Rightarrow G_m = \boxed{g_m} = 40mU \quad (I)$$

محاسبه $R_o$:

با توجه به این که مقاومت دیده شده از کالکتور $Q_2$ و $Q_{10}$ بسیار بزرگ است، نیازی به محاسبه آن را محاسبه کنید! (تمرین سعی کنید آن را محاسبه کنید!)

$$R_{o1} = r_o (1 + g_m r_\pi \| r_c) \approx \beta r_o \Rightarrow R_o = \boxed{\frac{\beta}{2} r_o} \quad (II)$$

و $R_{o2} = \beta r_o$ مشابه

$$II, I \Rightarrow A_{vd} = g_m \frac{\beta}{2} r_o = \boxed{2000K}$$

د)

$$R_i = 2\left(r_\pi + \beta(6.2K \| r_\pi)\right) \approx \boxed{450k}$$

محاسبه CMR:

$$V_{CS} \geq V_{CS,min} \rightarrow V_{cm}^- = V_{E1} - (-7) - 0.2 = 7 - 1.4 - 0.2 = 5.4V$$

$$V_{CEQ} \geq 0.2 \Rightarrow V_{cm}^+ = V_{CEQ} - 0.2 = (1 - 0.7V) - (-0.7V) - 0.2 = 1.8V$$

$$\Rightarrow CMR = [-5.4 \quad 1.8] \rightarrow \boxed{7.2V}$$