

✓
 $e = 1$
 $e = 1$
 $e = 1$
 $e = 1$
 $e = 1$

$$I_{S_2} = 10 I_{S_1}$$

kvl: $V_T = V_{D_1} - V_{D_2}$

$$I_D = I_S [e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1] \rightarrow V_D = V_T \ln \left[\frac{I_D}{I_S} + 1 \right]$$

$$\rightarrow V_T = V_T \ln \left[\frac{I_{D_1}}{I_{S_1}} + 1 \right] - V_T \ln \left[\frac{I_{D_2}}{I_{S_2}} + 1 \right]$$

$$\rightarrow \ln \left[\frac{\frac{I_{D_1}}{I_{S_1}} + 1}{\frac{I_{D_2}}{I_{S_2}} + 1} \right] = 1 \xrightarrow[\substack{I_{S_1} = \frac{1}{10} I_{S_2} \\ I_{D_1} = -I_{D_2} = I_x}]{\quad} \ln \left[\frac{\frac{10 I_x}{I_{S_2}} + 1}{\frac{-I_x}{I_{S_2}} + 1} \right] = 1$$

$$\rightarrow \frac{10 I_x + I_{S_2}}{-I_x + I_{S_2}} = e \rightarrow 10 I_x + I_{S_2} = e(-I_x + I_{S_2})$$

$$\rightarrow (e + 10) I_x = (e - 1) I_{S_2}$$

$$\rightarrow \frac{I_x}{I_{S_2}} = \frac{e - 1}{e + 10} \rightarrow \text{نیزه ۱}$$

۲۲. جریان یک ترانزیستور MOSFET برای $V_{GS} = 0.5V$ برابر $1\mu A$ و برای $V_{GS} = 0.6V$ برابر $4\mu A$ است. اگر

ترانزیستور در ناحیه کاری اشباع باشد، مقادیر V_{Th} و $\mu_n C_{ox} \frac{W}{L}$ این ترانزیستور کدام است؟

$$I_D = \frac{1}{2} \overbrace{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}^{k'} \left(\overbrace{V_{GS} - V_{th}}^{V_{od}}\right)^2$$

$$1 = \frac{1\mu A}{V^2} = 2V \quad (1)$$

$$4 = \frac{4\mu A}{V^2} = 4V \quad (2)$$

$$\checkmark 1 = \frac{1\mu A}{V^2} = 4V \quad (3)$$

$$4 = \frac{4\mu A}{V^2} = 2V \quad (4)$$

$$\begin{cases} 1\mu A = \frac{1}{2} k' (0.5 - V_{th})^2 \\ 4\mu A = \frac{1}{2} k' (0.6 - V_{th})^2 \end{cases}$$

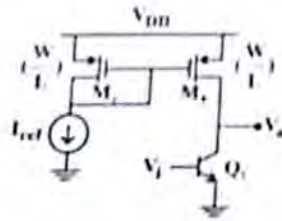
دو معادله، دو مجهول \rightarrow

$$k' = 200 \frac{\mu A}{V^2}$$

$$V_{th} = 0.4$$

۳ گزینه ۳

۳۳ - در مدار زیر، با فرض عدم وابستگی مقاومت خروجی ترانزیستورها به دما، با افزایش دما بهره ولتاژ چگونه $\frac{V_o}{V_i}$ تغییر می‌کند؟



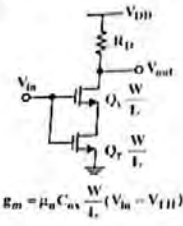
- ۱) به مقدار دما، بهره می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.
 ۲) کاهش می‌یابد.
 ۳) افزایش می‌یابد.
 ۴) تغییر نمی‌کند.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = g_{m1} (r_{o1} \parallel r_{o2}) \xrightarrow{g_m = \frac{I_c}{V_T}} A_v = \frac{I_c}{V_T} (r_{o1} \parallel r_{o2})$$

$$\xrightarrow{V_T = \frac{kT}{q}} A_v = \frac{q I_c}{kT} (r_{o1} \parallel r_{o2})$$

با افزایش دما بهره کاهش می‌یابد.

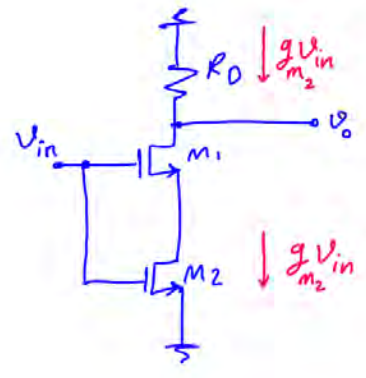
۲۲- در مدار زیر ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 یکسان بوده و ترانزیستور Q_1 در ناحیه اشباع بایاس شده است. مقدار بهره ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ این مدار کدام است؟



$$g_m = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{in} - V_{TH})$$

- $A_v = -\frac{g_m R_D}{2}$ (۱)
- $A_v = -g_m R_D$ (۲)
- $A_v = -g_m R_D$ (۳) ✓
- $A_v = \frac{g_m R_D}{2}$ (۴)

معادله AC:



$$V_o = -R_D g_{m2} V_{in}$$

$$\rightarrow \frac{V_o}{V_{in}} = -g_{m2} R_D$$

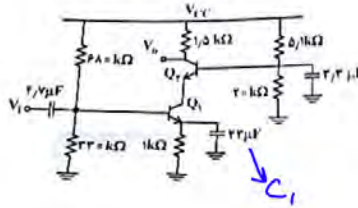
$$\xrightarrow{M_1 \equiv M_2} \frac{V_o}{V_{in}} = -g_m R_D$$

درست ۳

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 40 \text{ ms}$$

$$\rightarrow r_e = \frac{1}{40} \text{ k} = 25 \Omega$$

۶۵- معادای $V_T = 25 \text{ mV}$ و $\beta = 100$, $I_C = 1 \text{ mA}$ و $V_A = \infty$ را در نظر بگیرید. فرکانس قطع پایین مدار بر حسب هر تئ تقریباً کدام است؟



- (۱) ۱۲.۵
- (۲) ۱۳.۵
- (۳) ۱۴.۵
- (۴) ۱۵.۵

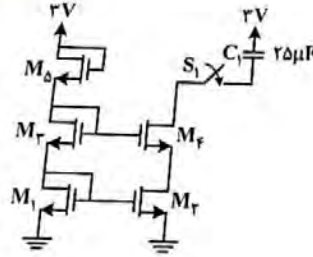
$$\omega_L = \omega_{L_{C_1}} \approx \omega_{P_{C_1}} = \frac{1}{R_{seen,1} C_1}$$

$$R_{seen,1} = 1 \text{ k} \parallel r_e = 25 \Omega$$

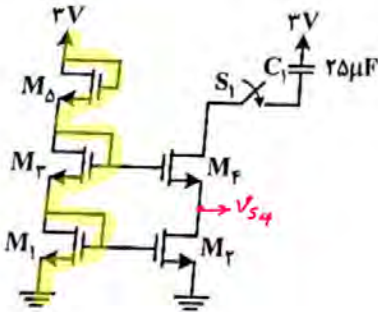
$$\rightarrow \omega_L = \frac{1}{25 \times 33 \times 10^{-6}}$$

$$\rightarrow f_L = \frac{\omega_L}{2\pi} \approx 200 \text{ Hz}$$

$$\begin{cases} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 200 \frac{\mu A}{V^2} \\ V_{Th} = 0.5 V \\ \lambda = 0 \end{cases}$$



- ۲,۵ (۱)
- ۱ (۲)
- ۱,۵ (۳)
- ۲ (۴)



KVL : $-3 + V_{GS} + V_{GS} + V_{GS} = 0$

$$\rightarrow 3V_{GS} = 3 \rightarrow V_{GS} = 1V$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right) (V_{GS} - V_{Th})^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.2 \times (1 - 0.5)^2 = \frac{1}{40} mA = 25 \mu A$$

KVL : $-3 + V_{GS5} + V_{GS4} + V_{S4} = 0 \rightarrow V_{S4} = 1V$

چون عجزی از خازن $I_{C1} = I_{D1} = 25 \mu A \rightarrow V_{C1}(t) = V_{C1}(0^-) + \frac{1}{C1} \int_0^t I_{C1} dt$

$$\rightarrow V_{C1}(t) = \frac{1}{25 \mu} \times 25 \mu \times t \rightarrow V_{C1}(t) = t$$

$$V_{DS4} = V_{GS4} - V_{Th}$$

برای اینکه M₄ در مرز اشباع و تریود باشد باید:

$$\rightarrow V_{DS4} = 1 - 0.5 = 0.5 V$$

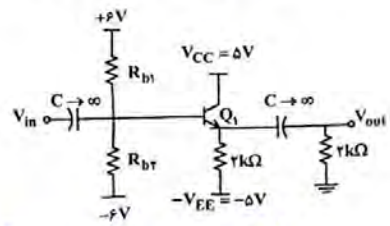
$$V_{DS4} = 3 - V_{C1}(t) - V_{S4} = 3 - t - 1$$

$$\rightarrow 3 - t - 1 = 0.5 \rightarrow t = 1.5 s$$

لنزین ۳

۶۷- در مدار کلکتور مشترک زیر، جریان بایاس ترانزیستور Q_1 برابر 2.5mA است. با فرض بزرگ بودن تماسی خازن‌های مدار، حداکثر محدوده تغییرات ولتاژ گره خروجی (V_{out}) چند ولت است؟
 ($V_{CE,sat} = 0.2\text{V}$, $V_{BE,on} = 0.7\text{V}$, $\beta = 150$)

- ۹,۸ (۱)
- ۲,۳ (۲)
- ۴,۸ (۳)
- ۷,۳ (۴)



$$I_{CQ} = 2.5\text{mA} \longrightarrow V_{CEQ} = (5\text{V} - (-5)\text{V}) - (2\text{k} \times 2.5\text{mA})$$

$$= 10 - 5 = 5\text{V}$$

$$\hat{i}_c^+ = \frac{V_{CEQ} - V_{CE(sat)}}{R_{ac}} = \frac{5 - 0.2}{1\text{k}} = 4.8\text{mA}$$

$$R_{ac} = 2\text{k} \parallel 2\text{k}$$

$$\hat{i}_c^- = I_{CQ} = 2.5\text{mA}$$

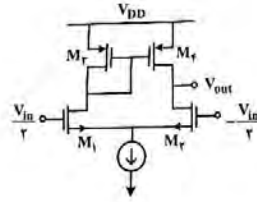
$$\hat{v}_o_{max} = 1\text{k} \times \text{Max}\{\hat{i}_c^+, \hat{i}_c^-\} = 1\text{k} \times 4.8\text{mA} = 4.8\text{V}$$

فرقی 3

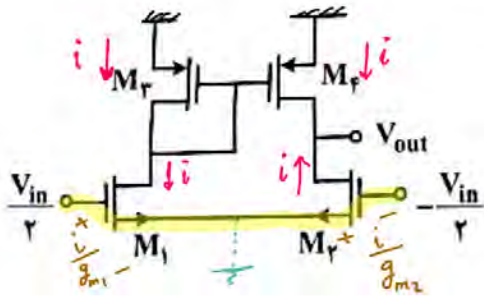
۶۸- در مدار زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع با bias شده‌اند. مقدار بهره ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ آن تقریباً برابر کدام است؟ منبع جریان ایدتال فرض شود.

$$\begin{cases} M_1 = M_2 \\ r_{o1,2} = \infty \\ r_{o3,4} = 20 \text{ k}\Omega \\ g_{m1} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, g_{m2} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{cases}$$

- ۱ = (۱)
- ۱ = (۲)
- ۲ = (۳)
- ۳ = (۴)



مدار معادل ac:



$$R_o = r_{o4} \parallel r_{o2} = 20 \text{ k} \parallel \infty = 20 \text{ k}$$

$$V_o = R_o \times 2i = 40i$$

$$\text{KVL: } -\frac{V_{in}}{2} + \frac{i}{g_{m1}} + \frac{i}{g_{m2}} - \frac{V_{in}}{2} = 0$$

$$\rightarrow V_{in} = \frac{i}{1} + \frac{i}{3} = \frac{4}{3}i$$

$$\rightarrow i = \frac{3}{4}V_{in}$$

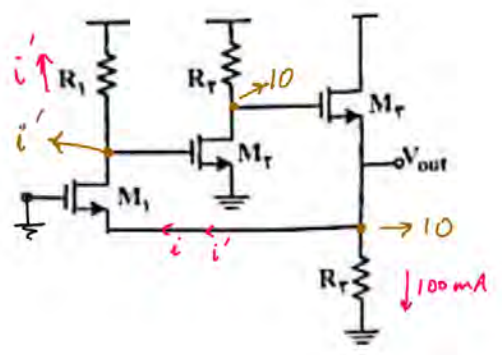
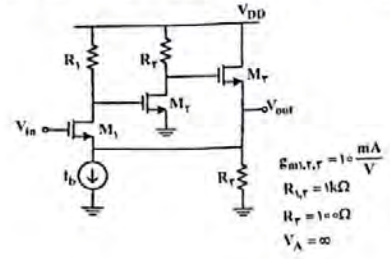
$$\rightarrow V_o = 40i = 40 \times \frac{3}{4}V_{in}$$

$$\rightarrow \frac{V_o}{V_{in}} = 30$$

بهره ۳۰

۶۹- در مدار زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند و منبع جریان I_b ایدئال است. مقدار بهره حلقه قییدبگ $(|\beta_A|)$ ، تقریباً برابر کدام است؟

- (۱) $\frac{100}{3}$
- (۲) 25
- (۳) 50
- (۴) $\frac{200}{3}$



$$\beta_A = -100 \times \frac{1/2 g_{m3}}{\frac{1}{g_{m1}} + \frac{1}{g_{m3}}} = -100 \times \frac{1}{2} = -50$$

$\rightarrow |\beta_A| = 50$

د نرسه 3