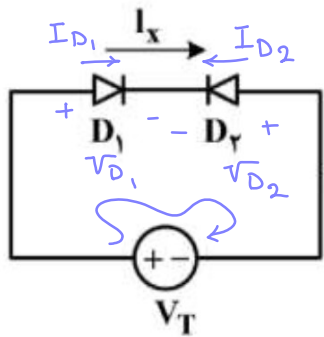


۶۱- در مدار زیر، مساحت پیوند دیود D_2 ده برابر مساحت پیوند دیود D_1 است. مقدار جریان I_x بر حسب جریان اشباع معکوس دیود D_2 چقدر است؟



$$I_{s2} = 10 I_{s1}$$

$$I_x = I_{D1} = -I_{D2}$$

$$V_T = V_{D1} - V_{D2}$$

$$\frac{e}{e+1} \quad (1)$$

$$\frac{e}{e+10} \quad (2)$$

$$\frac{e-1}{e+1} \quad (3)$$

$$\frac{e-1}{e+10} \quad (4) \checkmark$$

$$I_{s1} \left(e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} - 1 \right) = -I_{s2} \left(e^{\frac{V_{D2}}{V_T}} - 1 \right) = -10 I_{s1} \left(e^{\frac{V_{D1} - V_T}{V_T}} - 1 \right) = -10 I_{s1} \left(e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} e^{-1} - 1 \right)$$

$$e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} (1 + 10e^{-1}) = 11 \Rightarrow \left[e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} = \frac{11}{1 + 10e^{-1}} \right]$$

$$I_x = I_{D1} = I_{s1} \left(e^{\frac{V_{D1}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_{s2}}{10} \left(\frac{11}{1 + 10e^{-1}} - 1 \right)$$

$$\frac{I_x}{I_{s2}} = \frac{1}{10} \left(\frac{10 - 10e^{-1}}{1 + 10e^{-1}} \right) = \frac{e - 1}{e + 10}$$

۶۲- جریان یک ترانزیستور MOSFET به ازای $V_{GS} = 0.5V$ برابر $1\mu A$ و به ازای $V_{GS} = 0.6V$ برابر $4\mu A$ است.

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

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

$$\textcircled{1} \quad 1\mu A = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (0.5 - V_{TH})^2$$

$$\textcircled{2} \quad 4\mu A = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (0.6 - V_{TH})^2$$

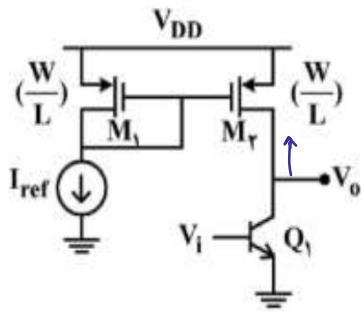
$$100 \frac{\mu A}{V^2}, 0.4V \quad \text{X}$$

$$200 \frac{\mu A}{V^2}, 0.4V \quad \text{X}$$

$$100 \frac{\mu A}{V^2}, 0.5V \quad \text{X}$$

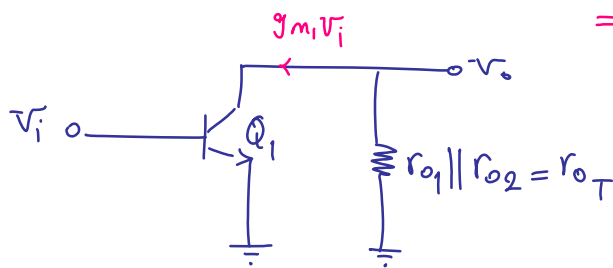
$$200 \frac{\mu A}{V^2}, 0.5V \quad \text{X}$$

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



- تغییر می‌کند؟
- (۱) ✓ کاهش می‌یابد.
 - (۲) افزایش می‌یابد. $\Rightarrow I_{D2} = I_{D3} = I_{ref}$
 - (۳) تغییر نمی‌کند.
 - (۴) بسته به مقدار دما، بهره می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.
- $\sqrt{V_{GS2}} = \sqrt{V_{GS3}}$
 $k_2 = k_3$
 $V_{T2} = V_{T3}$

$$I_{C1} = I_{D2} = I_{ref}$$



$$\Rightarrow V_o = -g_{m1} r_{oT} V_i$$

$$\Rightarrow A_V = -g_{m1} r_{oT}$$

$$= -\frac{I_c}{V_T} r_{oT}$$

$$\downarrow A_V = -\frac{I_c \cdot \uparrow}{kT} \cdot r_{oT}$$

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

۶۴- در مدار زیر ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 یکسان بوده و ترانزیستور Q_1 در ناحیه اشباع بایاس شده است. مقدار

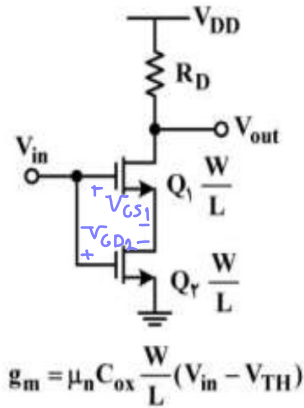
بهره و ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ آن برابر کدام است؟

$$A_v = -2g_m R_D \quad (1)$$

$$A_v = -g_m R_D \quad (2)$$

$$A_v = \frac{-g_m R_D}{2} \quad (3 \checkmark)$$

$$A_v = \frac{-g_m R_D}{4} \quad (4)$$



$$V_{DS1} > V_{eff1}$$

$$I_{D1} = I_{D2}$$

$$k_1 = k_2 \Rightarrow V_{GS1} = V_{GS2}$$

$$V_{T1} = V_{T2}$$

$$\Rightarrow V_{D1} - V_{S1} > V_{GS1} - V_T \rightarrow V_{D1} - V_{S1} > V_{GS1} - V_{S1} - V_T$$

$$\Rightarrow V_{GD1} < V_T \rightarrow \text{اشباع } Q_1$$

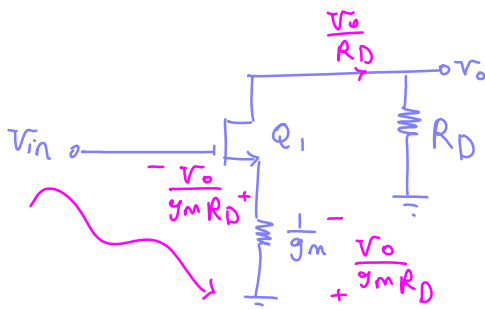
$$V_{GD2} = V_{GS1} \rightarrow \text{اشباع } Q_2 \quad V_{GD2} < V_T \Rightarrow V_{GS1} < V_T$$

← پس می توان نتیجه گرفت که Q_2 در ناحیه ترایود می باشد.

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

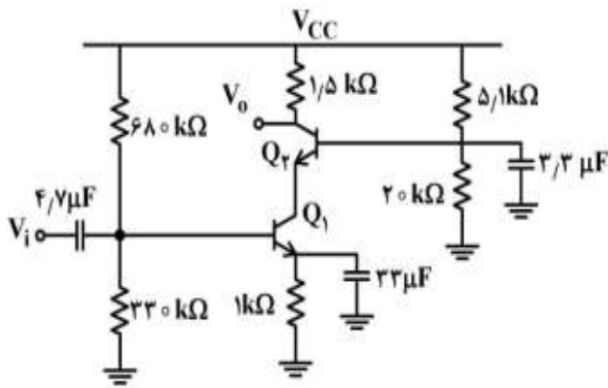
* در حالت ac (زیر فرکانس) در ناحیه ترایود μ_n (یا μ_p) در (D, S) مدل یک مقاومت R_{DS} می باشد.

$$R_{DS} = \frac{1}{\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} ((V_{GS} - V_T) - \dots)} \approx \frac{1}{g_m} \checkmark$$



$$V_o = -\frac{g_m}{2} R_D \cdot V_{in}$$

۶۵- به ازای $V_T = 25mV$ و $\beta = 100$, $I_C = 1mA$ فرکانس قطع پایین مدار بر حسب هر تری تقریباً کدام است؟



$g_m = 40 mA/V$
 $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 2.5k$

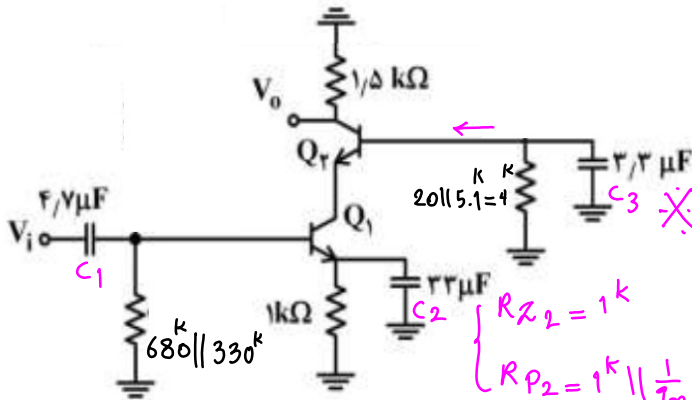
$(V_A = \infty)$

۱۲/۵ (۱)

۵۰ (۲)

۲۰۰ (۳) ✓

۸۰۰ (۴)



$R_{Z3} = 4k$
 $R_{P3} = 4k || \infty = 4k$

$R_{Z2} = 1k$
 $R_{P2} = 1k || \frac{1}{g_m} \approx \frac{1}{40} k\Omega$

$f_{L2} \approx f_{P2} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{R_2 C_2}$

$= \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\frac{1}{40} k \times 33\mu}$

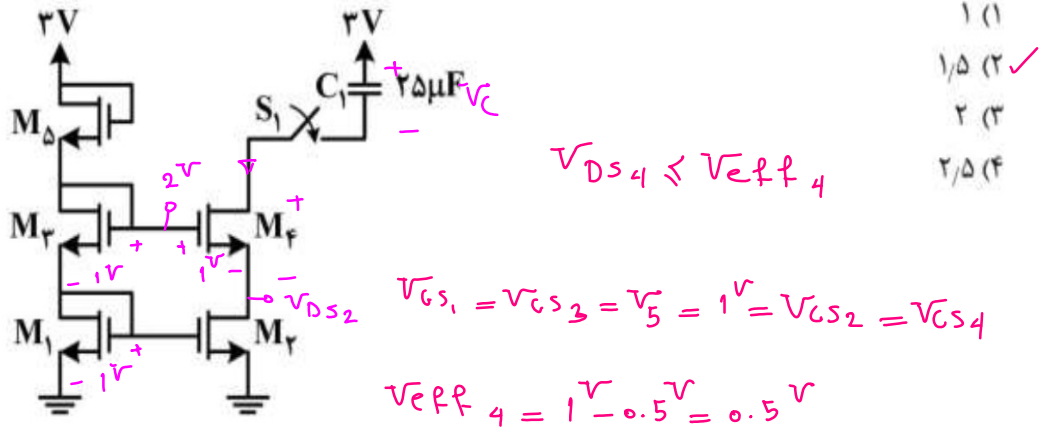
$C_1 \left\{ \begin{array}{l} R_{Z1} = \infty \\ R_{P1} = 680 || 330 || r_{\pi} = 2.5k \end{array} \right.$

$f_{L1} = \omega_{P1} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{2.5k \times 4.7\mu}$

$f_L = f_{L1} + f_{L2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{40 \times 10^3}{33} + \frac{10^3}{2.5 \times 4.7} \right) \approx \frac{10^3}{2\pi} (1.2 + 0.1) \approx 200 Hz$

۶۶- با فرض تشابه همه ترانزیستورها، چند ثانیه پس از بسته شدن کلید S_1 ، ترانزیستور M_f از ناحیه اشباع خارج می‌شود؟ ولتاژ اولیه خازن صفر است.

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



- ۱ (۱)
- ۱/۵ (۲) ✓
- ۲ (۳)
- ۲/۵ (۴)

$$V_{DS2} = 2 - 1 = 1V$$

$$V_{DS4} = (3 - V_C) - (V_{DS2}) = 2 - V_C \Rightarrow V_{DS4} \leq V_{eff4}$$

$$2 - V_C \leq 0.5$$

$$\Rightarrow V_C \geq 1.5 \Rightarrow V_C = 1.5V$$

$$I_C = I_{D4} = k V_{eff4}^2 = \frac{1}{10} \times \frac{1}{4} \Leftrightarrow I_C \cdot t = c V_C \Rightarrow V_C = \frac{I_C \cdot t}{c}$$

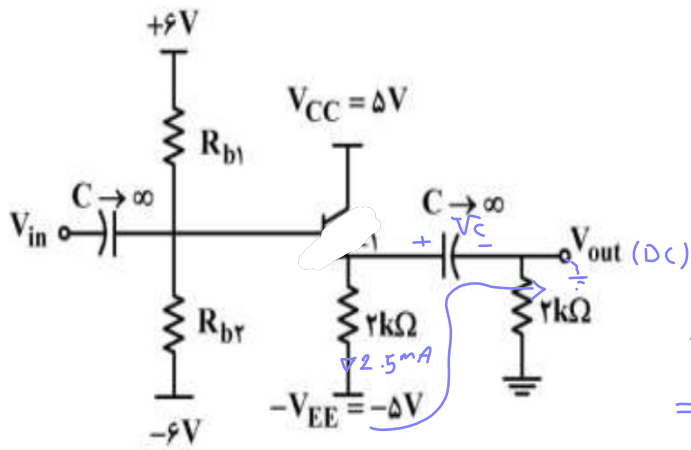
$$\Rightarrow \frac{I_C \cdot t}{c} = 1.5$$

$$\Rightarrow \frac{10^{-3}}{40} \times t = 1.5 \times 25 \times 10^{-6}$$

$$t = 1.5 \times 25 \times 40 \times 10^{-3} (sec) = 1.5 (sec)$$

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

- ۲٫۳ (۱)
- ۴٫۸ (۲)
- ۷٫۳ (۳) ✓
- ۹٫۸ (۴)

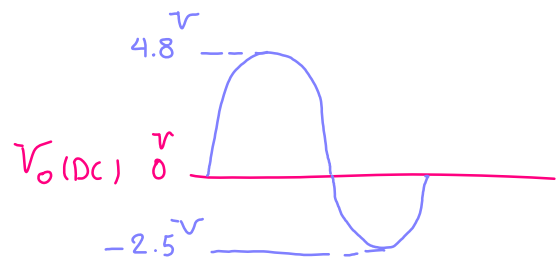


$$5\text{V} - 2 \times 2.5 + V_C = 0$$

$$\Rightarrow V_C(\text{DC}) = 0\text{V}$$

$$V_{o\text{max}} = V_{CC} - V_{CE(sat)} - V_C(\text{DC}) = 5 - 0.2 - 0 = 4.8\text{V}$$

$$V_{o\text{min}} = (-V_{EE} + V_C(\text{DC})) \times \frac{2\text{k}}{2\text{k} + 2\text{k}} = -2.5\text{V}$$



$$V_{o\text{p-p}} = 4.8 - (-2.5) = 7.3\text{V}$$

۶۸- در مدار زیر، همهٔ ترانزیستورها در ناحیهٔ اشباع بایاس شده‌اند. مقدار بهرهٔ ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ آن تقریباً برابر

کدام است؟ منبع جریان ایدئال فرض شود.

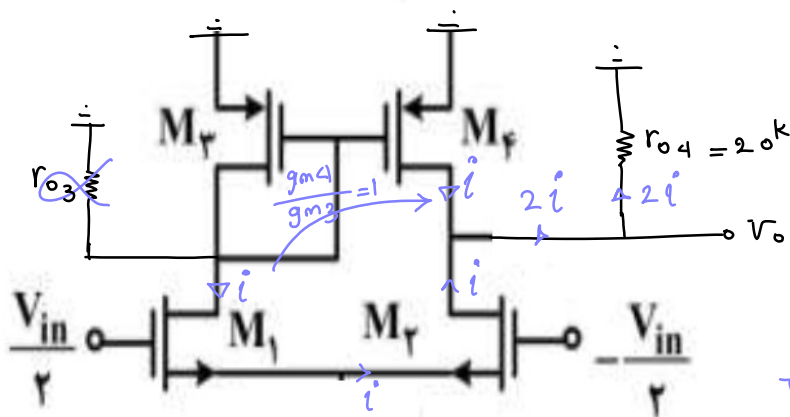
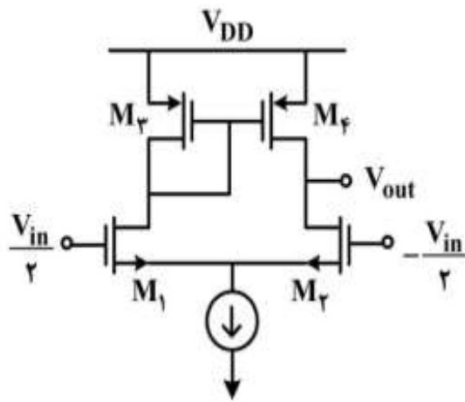
$$\begin{cases} M_r \equiv M_f \\ r_{o1,r} = \infty \\ r_{o2,f} = 20 \text{ k}\Omega \\ gm_1 = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, gm_r = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{cases}$$

۱۰ (۱)

۲۰ (۲)

۳۰ (۳) ✓

۴۰ (۴)



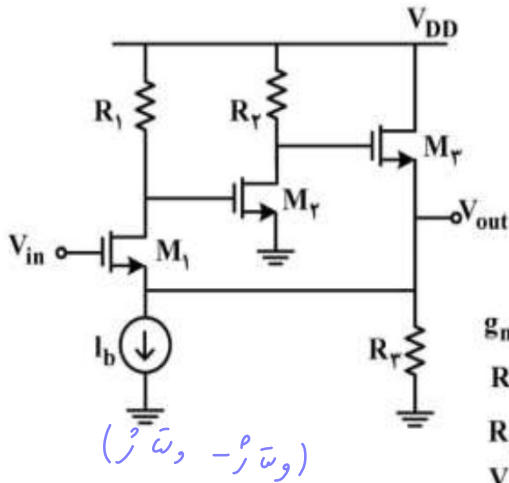
$$V_o = 2i \times 20 = 40i$$

$$V_o = 40 \times \frac{V_{in}}{\frac{1}{gm_1} + \frac{1}{gm_2}}$$

$$A_v = 30$$

۶۹- در مدار زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند و منبع جریان I_b ایدئال است. مقدار بهره حلقه

فیدبک $(|\beta A|)$ ، تقریباً برابر کدام است؟



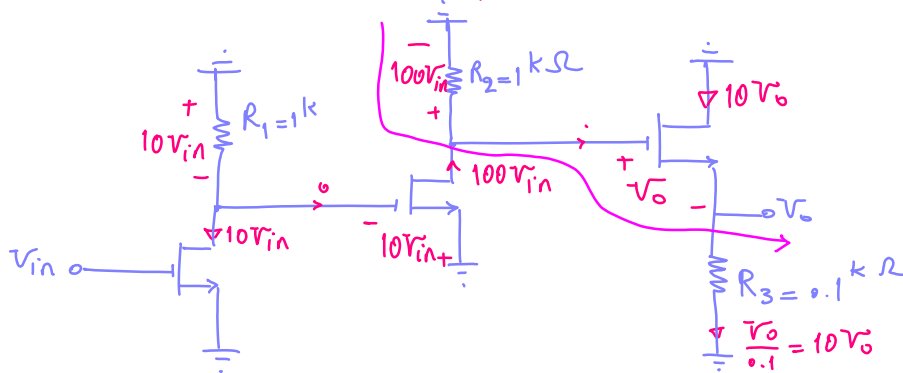
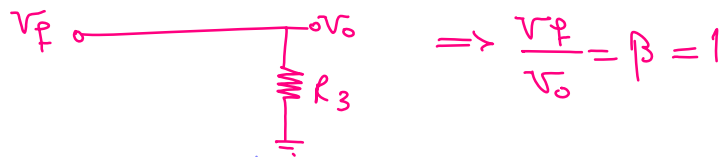
- (۱) ۲۵
- (۲) ۵۰ ✓
- (۳) $\frac{200}{3}$
- (۴) $\frac{100}{3}$

$g_{m1,2,r} = 10 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$
 $R_{1,2} = 1\text{k}\Omega$
 $R_3 = 100\Omega$
 $V_A = \infty$

$(\bar{v}_o, -\bar{v}_o)$

$$A = \frac{v_o}{v_{in}}$$

$$\beta = \frac{v_f}{v_o}$$



$$-100v_{in} + v_o + v_o = 0 \Rightarrow \frac{v_o}{v_{in}} = A = 50$$

$$|\beta \cdot A| = 1 \times 50 = 50$$