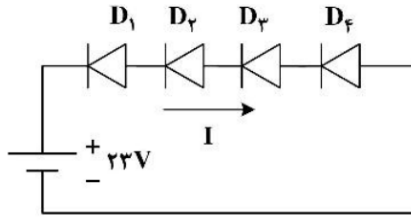


۶۱- با فرض اینکه جریان اشباع معکوس دیودهای D_1, D_2, D_3, D_4 به ترتیب $2\mu A, 3\mu A, 5\mu A, 7\mu A$ و ولتاژ شکست همه دیودها برابر $10V$ باشد، مقدار جریان I چند μA است؟

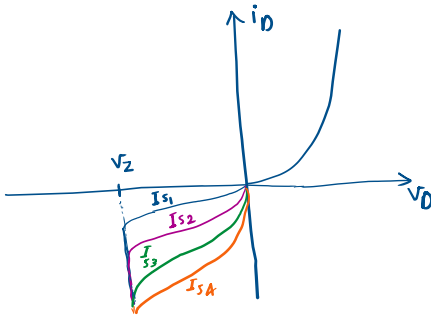
$$\begin{aligned} I_{S1} &= 2\mu A \\ I_{S2} &= 3\mu A \\ I_{S3} &= 5\mu A \\ I_{S4} &= 7\mu A \\ V_Z &= 10V \end{aligned}$$



- (۱) ۳
- (۲) ۷
- (۳) ۲
- (۴) ۵

* با توجه به داشتن ولتاژ شکست، دیودها از نوع زنر هستند. (بهتر بود در شکل مدار دیودها

به شکل زنری رسم می شدند)

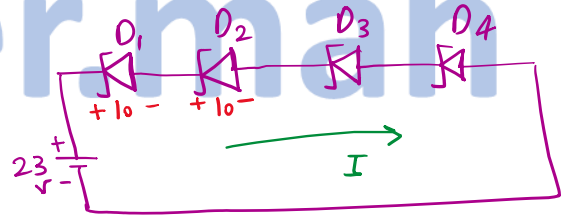


* با توجه به نمودار دیود زنر، دیود زنر زودتر وارد ناحیه زنری می شود

که I_S کمتری داشته باشد. بنابراین دیود D_1 و D_2 وارد ناحیه زنری خواهند شد.

$$V_{D1} = V_{D2} = -V_Z = -10$$

$$\Rightarrow V_{D3} + V_{D4} = 23 - 10 - 10 = 3V$$



پس دیودهای D_3 و D_4 چون ولتاژ معکوس آن ها به V_Z نرسیده در حالت اشباع معکوس قرار می گیرند.

D_1 و D_2 هر جریانی می توانند داشته باشند چون در ناحیه زنری قرار دارند.

جریان مدار

بین D_3 و D_4 که دو دیود سری در حالت اشباع معکوس هستند، جریان

دیود با I_S کوچک تر برقرار می شود. (چون اثر I_S بزرگ تر جاری شود، دیود با

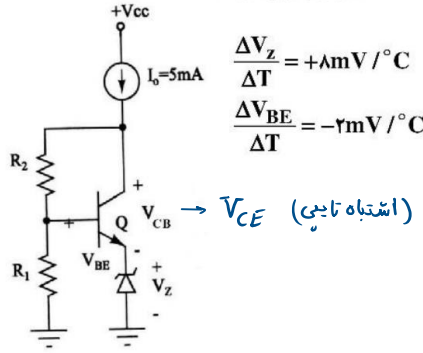
I_S کوچک تر می سوزد) در نتیجه جریان $I_{S3} = 5\mu A$ در مدار برقرار می شود

گزینه (۴)

سطح سوال : متوسط

۶۲- در مدار داده شده به ازای چه مقدار نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ ضریب حرارتی ولتاژ V_{CE} صفر می شود؟ ($\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta T} = 0$)

(فرض کنید ترانزیستور در ناحیه فعال و دیود همه در ناحیه شکست زنی قرار دارد.)



$$\frac{\Delta V_Z}{\Delta T} = +8 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

- ۱ (۱)
- ۲ (۲)
- ۳ (۳)
- ۴ (۴)

$$V_B = V_Z + V_{BE}$$

$$V_C = V_Z + V_{CE}$$

$$I_B \approx 0 \rightarrow \text{تقسیم ولتاژ بانرض} \rightarrow V_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_C$$

$$\Rightarrow V_Z + V_{BE} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (V_Z + V_{CE})$$

$$\Rightarrow V_{CE} + V_Z = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_Z + V_{BE})$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \alpha \Rightarrow V_{CE} = \alpha V_Z + (1 + \alpha) V_{BE}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta T} = \alpha \frac{\Delta V_Z}{\Delta T} + (1 + \alpha) \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T}$$

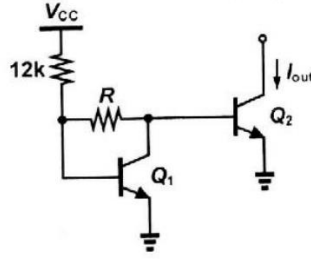
$$\Rightarrow 0 = \alpha (8) + (1 + \alpha) (-2) \Rightarrow 6\alpha - 2 = 0$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{3} \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{3}} \rightarrow \text{گزینه (3)}$$

طرح سوال آسان

۶۳- در منبع جریان شکل زیر، مقاومت R چند اهم باشد تا تغییرات ولتاژ تغذیه حول $V_{CC} = 2.2V$ ، تغییری در

جریان خروجی ایجاد نکند؟ (فرض کنید $\beta = \infty$ و $V_T = 25mV$ و $V_{BE(ON)} = 0.7V$)



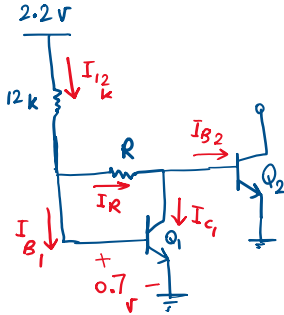
۳۰۰ (۱)

۱۰۰ (۲)

۴۰۰ (۳)

۲۰۰ (۴)

تحلیل DC :



$$I_{12k} = \frac{2.2 - 0.7}{12k} = \frac{1}{8} mA$$

$$\beta = \infty \Rightarrow I_{B1} = 0 \Rightarrow I_R = I_{12k} = \frac{1}{8} mA$$

$$I_{B2} = 0 \Rightarrow I_{C1} = I_R = \frac{1}{8} mA$$

یادآوری : $g_m = \frac{I_C}{V_T}$

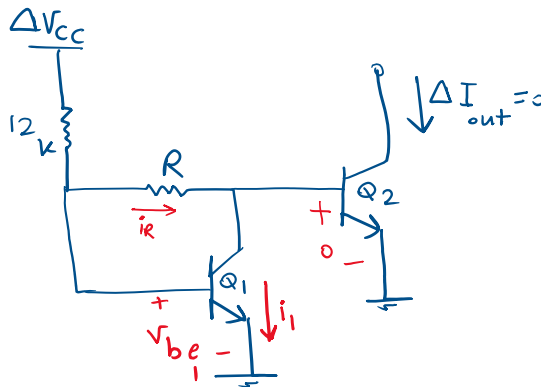
if $I_C = 1mA \Rightarrow g_m = 40ms$

if $I_C = \alpha \Rightarrow g_m = \alpha \times 40ms$

$$g_{m1} = \frac{1}{8} \times 40 = 5ms$$

یادآوری : $i = g_m \cdot v_{be}$

تحلیل AC :



$$\Delta I_{out} = i_2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} v_{be2} = 0 \\ i_{b2} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow i_R = i_1$$

$$i_1 = g_m v_{be1} = 5 v_{be1}$$

$$i_R = \frac{v_{be1}}{R}$$

$$\Rightarrow 5 v_{be1} = \frac{v_{be1}}{R}$$

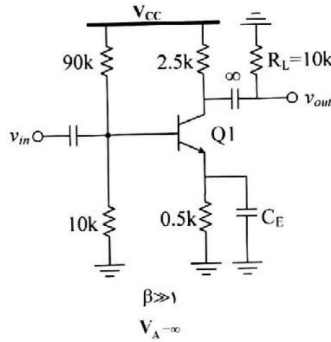
$$\Rightarrow R = \frac{1}{5} k = 200 \Omega$$

گزینہ (4)

طع سوال : سخت

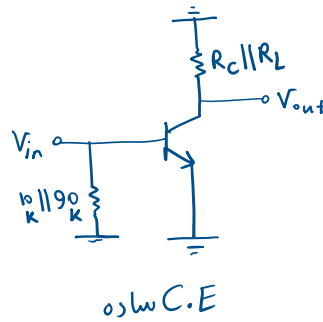
۶۴- در مدار شکل زیر، مقدار بهره ولتاژ $A_v = \left| \frac{v_{out}}{v_{in}} \right|$ در حالت $C_E = \infty$ برابر با ۴ است. مقدار اندازه بهره آن در

حالت $C_E = 0$ چقدر است؟



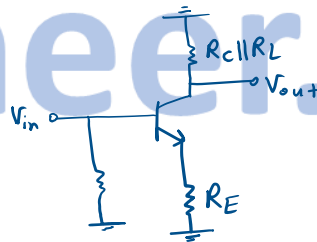
- (۱) ۲
(۲) ۶
(۳) ۱
(۴) ۳

۱) $C_E = \infty \rightarrow$ در حالت اتصال کوتاه $(Z = \frac{1}{C_S})$



ساده $C.E \rightarrow A_v = -g_m (R_C \parallel R_L) \Rightarrow 4 = g_m (2k) \Rightarrow g_m = 2ms$

۲) $C_E = 0 \rightarrow$ در حالت مدار باز $(Z = \frac{1}{C_S})$



$C.E$ با مقاومت امیتر

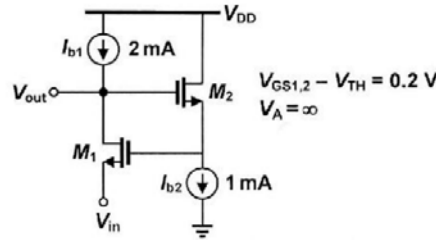
R_E با $C.E$ مقاومت $\rightarrow A_v = \frac{-g_m (R_C \parallel R_L)}{1 + g_m R_E} = \frac{-2(2k)}{1 + 2(0.5k)} = -2 \Rightarrow |A_v| = 2$

نزینده (۱)

طرح سوال : متوسط

۶۵- در مدار شکل زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند و منابع جریان ایده‌آل هستند. مقدار بهره

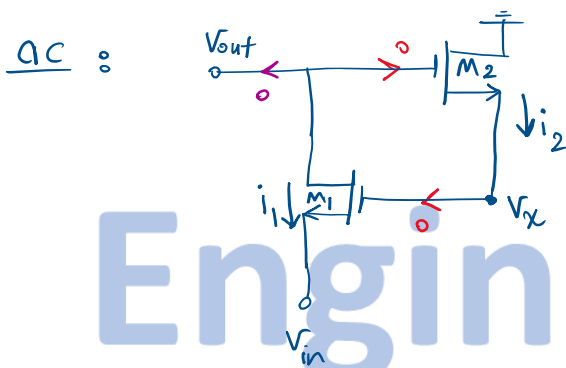
ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ برابر با کدام گزینه است؟



- (۱) ۳
(۲) ۱
(۳) ۴
(۴) ۲

DC : $I_{D1} = 2 \text{ mA} \xrightarrow{g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}} g_{m1} = \frac{4}{0.2} = 20 \text{ mS}$

$I_{D2} = 1 \text{ mA} \longrightarrow g_{m2} = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ mS}$



$$i = g_m v_{gs} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = 20 (v_x - v_{in}) \\ i_2 = 10 (v_{out} - v_x) \end{cases}$$

KCL V_{out} : $i_1 + 0 + 0 = 0 \Rightarrow i_1 = 0$

$i_1 = 0 \Rightarrow v_x = v_{in}$

$i_2 = i_{gate1} = 0 \Rightarrow v_{out} = v_x$ } $\Rightarrow V_{out} = V_{in}$

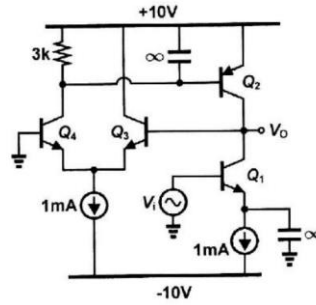
← گزینه (۲)

کتاب سوال : آسان

۶۶- در مدار شکل زیر، بهره ولتاژ (V_o/V_i) به کدام گزینه نزدیکتر است؟ (فرض کنید: $|V_{BE(ON)}| = 0.6V$)

($V_T = 25mV$ و $V_A = \infty$, $\beta = 80$)

- (۱) -۳۶۰
- (۲) -۱۶۰
- (۳) -۵۰۰
- (۴) -۳۲۰



DC : $I_{C1} = I_{C2} = 1mA$ ($I_B \approx 0$)

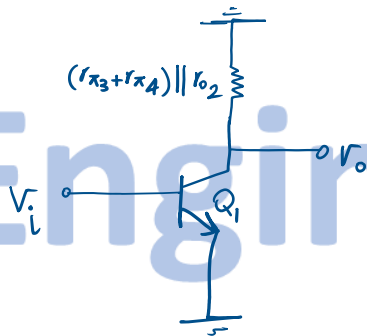
$\Rightarrow g_{m1} = g_{m2} = 40 mS$

$V_{B2} = 10 - 0.6 = 9.4 V$

$I_{3k} = \frac{10 - 9.4}{3k} = 0.2 mA$

$I_{C4} = I_{3k} = 0.2 mA$ } $\Rightarrow I_{C3} = 0.8 mA \rightarrow g_{m3} = 40 \times 0.8 = 32 mS$ $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} \rightarrow r_{\pi3} = \frac{80}{32} = 2.5 k$
 $I_{C3} + I_{C4} = 1mA$ } $I_{C4} = 0.2 mA \rightarrow g_{m4} = 40 \times 0.2 = 8 mS \rightarrow r_{\pi4} = \frac{80}{8} = 10 k$

AC :



$V_A = \infty \Rightarrow r_{o2} = \infty \Rightarrow (r_{\pi3} + r_{\pi4}) \parallel r_{o2} = r_{\pi3} + r_{\pi4}$

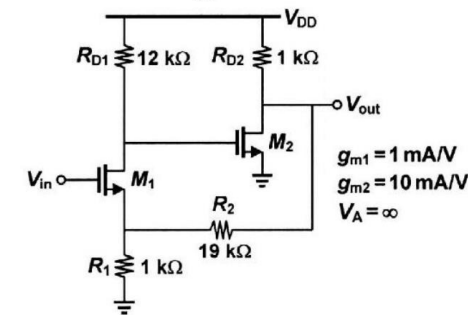
C.E $\Rightarrow A_v = -g_{m1} R_C = -g_{m1} (r_{\pi3} + r_{\pi4})$

$\Rightarrow A_v = -40 (2.5k + 10k) = -500$

گزینه (۳)

منابع سوال: متوسط

۶۷- در مدار شکل زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه اشباع بایاس شده‌اند. مقدار ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ به کدام گزینه نزدیکتر است؟



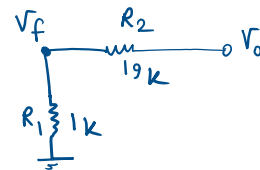
- (۱) ۱۵
(۲) ۵
(۳) ۲۰
(۴) ۱۰

نوع خدیوبک: ولتاژ - ولتاژ (موازی-سری)

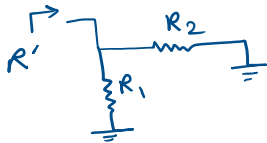
$$A = \frac{V_o}{V_i} \quad f = \frac{V_f}{V_o}$$

سبب خدیوبک: شامل R_1 و R_2

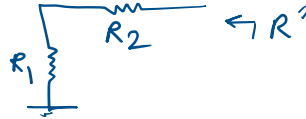
$$f = \frac{V_f}{V_o} = \frac{1k}{1k + 19k} = \frac{1}{20}$$



* محاسبه f (با B):



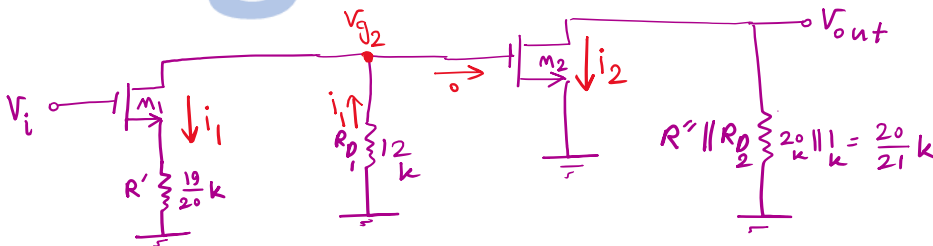
$$R' = R_1 \parallel R_2 = 1k \parallel 19k = \frac{19}{20}k$$



$$R'' = R_1 + R_2 = 1 + 19 = 20k$$

* اثر بارگذاری شبکه:

* مدار AC پس از اثر بارگذاری شبکه:



$$i = g_m v_{gs} \quad g_{m1} = 1 \\ g_{m2} = 10 \\ V_A = \infty$$

$$V_{g2} = -i_1 \times 12k = -12i_1$$

$$i_2 = g_{m2} V_{g2} = 10(-12i_1) = -120i_1$$

$$V_i = \left(\frac{1}{g_{m1}} + R' \right) \times i_1 = \frac{39}{20} i_1$$

$$V_{out} = -i_2 \times \frac{20}{21}k = 120i_1 \times \frac{20}{21} = \frac{2400}{21} i_1$$

$$\Rightarrow A = \frac{V_{out}}{V_i} \Big|_{open-loop} = \frac{\frac{2400}{21}}{\frac{39}{20}} \approx \frac{120}{2} = 60$$

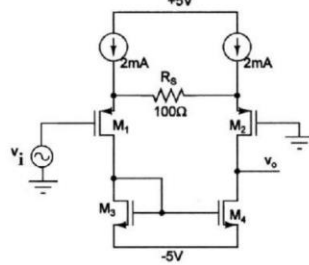
$$A_f = \frac{V_{out}}{V_i} \Big|_{closed-loop} = \frac{A}{1 + A f} = \frac{60}{1 + 60(\frac{1}{20})} = \boxed{15} \rightarrow$$

گزینه (۱)

جمع سوال: سخت

۶۸- در تقویت کننده دیفرانسیل داده شده، مقدار تقریبی بهره ولتاژ $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ کدام است؟

(فرض کنید $(\lambda = 0.01 \text{ V}^{-1})$, $|V_{TH}| = 1 \text{ V}$, $\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} = 4 \text{ mA/V}^2$)



- (۱) ۱۲۰
(۲) ۵۰
(۳) ۲۰۰
(۴) ۹۰

DC : دلیل تعادل جریان R_s صفر است

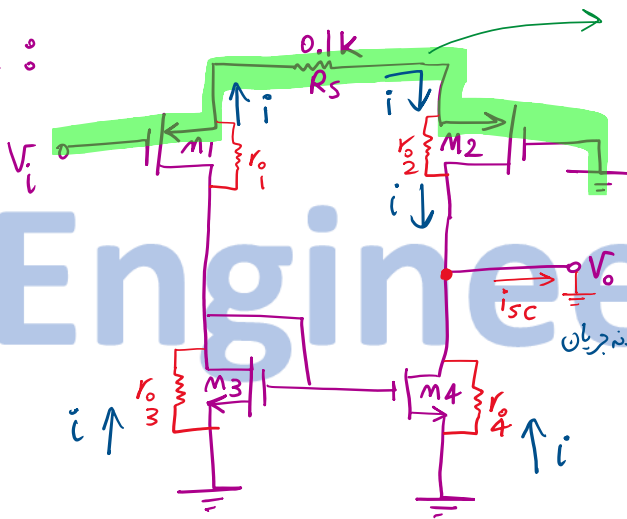
$$I_{D1} = I_{D2} = I_{D3} = I_{D4} = 2 \text{ mA}$$

$$k = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$g_m = 2\sqrt{k I_D} \Rightarrow g_{m_{1,2,3,4}} = 2\sqrt{2 \times 2} = 4 \text{ mS}$$

$$r_o = \frac{1}{\lambda I_D} \Rightarrow r_{o_{1,2,3,4}} = \frac{1}{0.01 \times 2} = 50 \text{ k}\Omega$$

AC :



$$KVL : \left(\frac{1}{g_{m1}} + R_s + \frac{1}{g_{m2}} \right) i = V_i$$

$$\Rightarrow i = \frac{V_i}{\frac{1}{g_{m1}} + R_s + \frac{1}{g_{m2}}} = \frac{V_i}{\frac{1}{4} + \frac{1}{10} + \frac{1}{4}} = \frac{5}{3} V_i$$

جریان i_{sc} در M_3 و M_4 $\Rightarrow i_3 = i_4 = i$

$$i_{sc} = i + i = 2i$$

$$R_{out} = r_{o4} \parallel \left[r_{o2} + \left(1 + g_{m2} r_{o2} \right) \frac{R_s}{2} \right] = 50 \text{ k} \parallel \left[50 \text{ k} + \left(1 + 200 \right) \frac{1}{2} \right] = 50 \text{ k} \parallel 60 \text{ k} \approx 27 \text{ k}$$

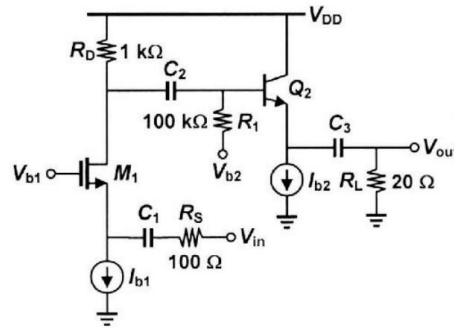
$$V_o = R_{out} \times i_{sc} = 27 \text{ k} \times 2i = 54 \times \frac{5}{3} V_i = 90 V_i \Rightarrow A_v = \frac{V_o}{V_i} = 90$$

گزینه (۴)

مراجعه سوال : سخت

۶۹- در مدار شکل زیر، همه ترانزیستورها در ناحیه فعال بایاس شده‌اند و منابع جریان ایدئال هستند. مقدار فرکانس

قطع پایین -۳dB بهره ولتاژ $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ بر حسب کیلورادیان بر ثانیه برابر با کدام گزینه است؟



$$V_{GS1} - V_{TH} = 0.2 \text{ V}$$

$$\beta = 100$$

$$V_T = 25 \text{ mV}$$

$$V_A = \infty$$

$$I_{b1} = 1 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = 2.5 \text{ mA}$$

$$C_1 = 5 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 5 \mu\text{F}$$

$$C_3 = 2.5 \mu\text{F}$$

DC : $I_{D1} = I_{b1} = 1 \text{ mA}$

$$g_{m1} = \frac{2 I_{D1}}{V_{GS1} - V_{th}} = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ mS}$$

$$I_{C2} = I_{b2} = 2.5 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow g_{m2} = 40 \times 2.5 = 100 \text{ mS} \Rightarrow r_{\pi 2} = \frac{\beta}{g_{m2}} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$10 \text{ (2)}$$

$$1 \text{ (4)}$$

$$2 \text{ (1)}$$

$$20 \text{ (3)}$$

$$C_1 : R_{C1} = R_S + \frac{1}{g_{m1}} = 0.1 + 0.1 \text{ k} = 0.2 \text{ k}$$

$$\Rightarrow \omega_{p1} = \frac{1}{C_1 \times R_{C1}} = \frac{1}{5 \mu \times 0.2 \text{ k}} = 1 \text{ k rad/s}$$

$$C_2 : R_{C2} = R_D + R_1 \parallel (r_{\pi 2} + \beta R_L) = 1 \text{ k} + 100 \text{ k} \parallel (1 \text{ k} + 2 \text{ k}) = 4 \text{ k}$$

$$\Rightarrow \omega_{p2} = \frac{1}{C_2 \times R_{C2}} = \frac{1}{5 \mu \times 4 \text{ k}} = \frac{1}{20} \text{ k rad/s}$$

$$C_3 : R_{C3} = R_L + \frac{r_{\pi 2} + R_D \parallel R_1}{\beta} = 20 \Omega + \frac{1 \text{ k} + 1 \text{ k}}{100} = 40 \Omega = \frac{4}{100} \text{ k}$$

$$\Rightarrow \omega_{p3} = \frac{1}{C_3 \times R_{C3}} = \frac{1}{2.5 \mu \times \frac{4}{100} \text{ k}} = 10 \text{ k rad/s}$$

$$\omega_p = \sqrt{\omega_{p1}^2 + \omega_{p2}^2 + \omega_{p3}^2} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{20}\right)^2 + (10)^2} \approx 10 \text{ k rad/s}$$

گزینه (2)