

1/10

حل مسئله ۲۰۰۰

الف

$$V_{E2} = 3.3 \text{ volt} \Rightarrow I_{R1} = \frac{3.3 \text{ V}}{1.65 \text{ K}} = 2 \text{ mA} = I_{Q1} + I_{Q2}$$

$$I_{Rb} = \frac{10 - 0.7}{9.3 \text{ K}} = 1 \text{ mA}$$

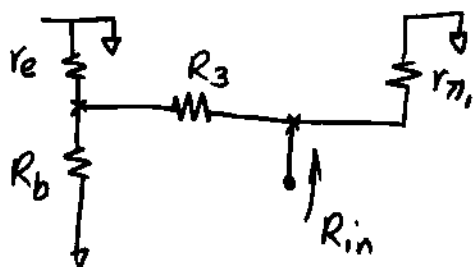
با صرف نظر از جریان
base

$$I_{Q1} = 1 \text{ mA}$$

بخش ۳

$$\Rightarrow I_{Q2} = 1 \text{ mA}$$

(ب)



$$R_{in} = r_{\pi} \parallel (R_3 + r_e \parallel R_b) = 1.679 \text{ K}$$

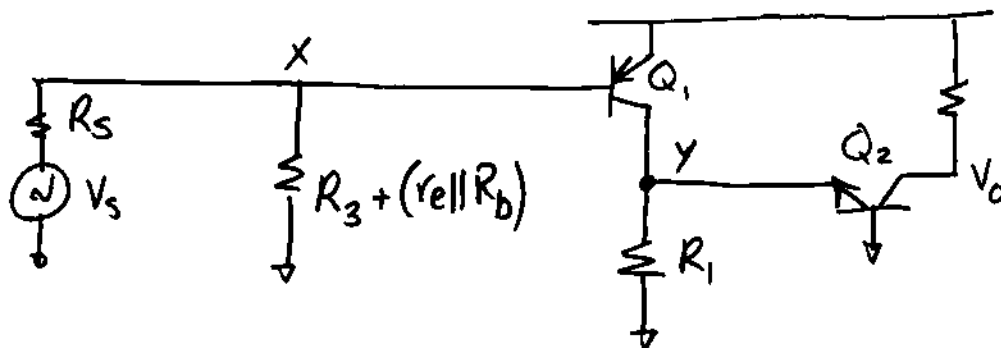
$$I_{Q1} = 1 \text{ mA} \Rightarrow r_{\pi} = 2.5 \text{ K}$$

$$I_{Q2} = 1 \text{ mA} \Rightarrow r_e = 25 \Omega$$

$$R_0 \approx R_2 = 3 \text{ K}$$

بخش ۲

(ج) افزایش مقاومت ورودی (بدون R_3)، گیند از طریق دیود به زمین می‌رود و مقاومت ورودی خیلی ناچیزی شود



(د)

$$V_x = \frac{r_{\pi1} \parallel (R_3 + (r_e \parallel R_b))}{r_{\pi1} \parallel [R_3 + (r_e \parallel R_b)] + R_5} V_s$$

$$V_y = -V_x g_{m1} (R_1 \parallel r_{e2})$$

$$V_0 = V_y g_{m2} R_2$$

$$R_{in} = 1.679 \quad g_{m1} = g_{m2} = 40 \text{ mS}$$

$$R_2 = 3 \text{ K} \quad R_1 \parallel r_{e2} \approx 25 \Omega$$

$$V_0 = -g_{m2} R_2 g_{m1} (R_1 \parallel r_{e2}) \frac{R_{in}}{R_{in} + R_5} V_s = -116.5 V_s$$

$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow$
 $40 \quad 3 \text{ K} \quad 40 \quad 1/40$

\uparrow
 50

$A_V = -116.5$

۲/۱۰

(۷)

$$V_{O_{Max}} = V_{CC} = 10V \quad V_{O_{dc}} = 7V$$

$$V_{O_{Min}} = V_b - 0.7 + 0.2 = 3.5 \Rightarrow V_{out_{pp}} = 2(10 - 7) = 6V_{pp}$$

لازم به تذکر است که برای ۱۱۶ در ترانزیستور دم حادث می گردد در نتیجه
 برای ۳۰۰۰mV_p در خروجی میزان تغییرات دامنه در کلکتور Q_۱ در حد
 ۳۰mV است که منجر به قطع Q_۲ نمی شود. انمزه

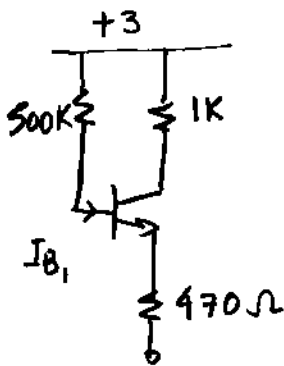
هـ) وقتی ولتاژ بیس Q_۱ خیلی پایین رود جریان Q_۱ افزایش می یابد
 و ولتاژ collector Q_۱ بالای ورودی تا جایی که Q_۲ کاملاً قطع می گردد.
 این کار ادامه دارد تا آنجا که Q_۱ به اشباع وارد می شود

$$I_{Max_{Q_1}} = \frac{10 - 0.2}{1.65K} = 5.94mA$$

انمزه

3/10

(الف) مدار با بایس Q_1 ، Q_2 دقیقاً مشابه یکدیگرند.



$$3 - I_{B1}(500) - 0.7 - \beta I_{B1}(0.47) = 0$$

$$I_{B1} = I_{B2} = 4.2 \mu A$$

$$I_{C1} = I_{C2} = 0.42 mA$$

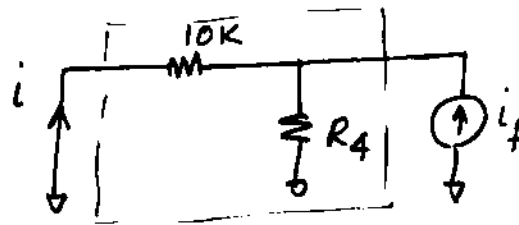
$$r_{e1} = r_{e2} = 6 \Omega$$

$$r_{\pi1} = r_{\pi2} = 6 K$$

(ب) ابتدا نوع فن‌دیک را تعیین می‌کنیم که جریان - جریان (ست).

$$R_{22} = 10K \parallel 470 \Omega = 450 \Omega$$

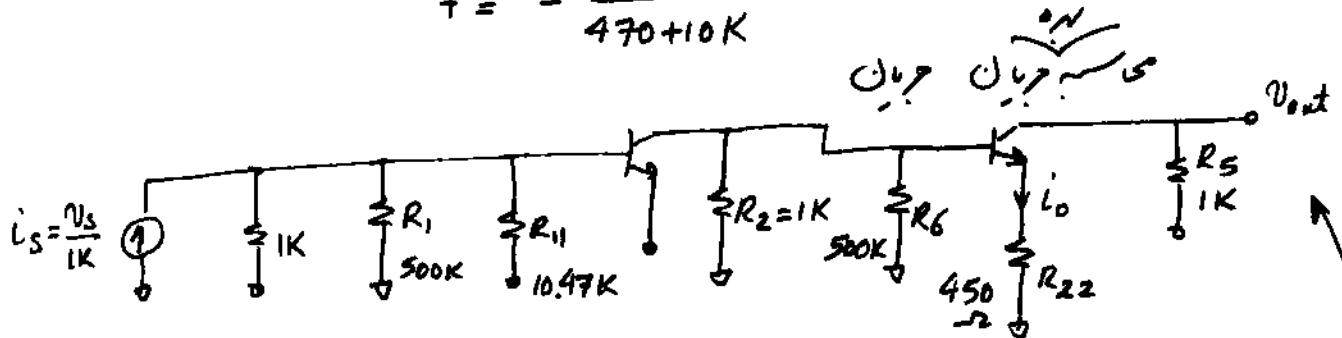
$$R_{11} = 10K + 0.47K = 10.47K$$



$$f = -\frac{470}{470 + 10K} = -0.044$$

حعبه فن‌دیک

بخش ۱



$$A_{i_{OL}} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{1K \parallel R_1 \parallel R_{11}}{1K \parallel R_1 \parallel R_{11} + r_{\pi1}} \times -\beta \times \frac{R_2 \parallel R_6}{R_2 \parallel R_6 + (r_{\pi2} + \beta R_{22})} \beta$$

$$= (0.13)(-100)(6.0192)(100) = -24.96 A/A$$

$$A_{i_{CL}} = \frac{A_{i_{OL}}}{1 + A_{i_{OL}} f} = \frac{-24.96}{1 + 24.96(0.044)} = 11.94$$

$$A_V = \frac{v_o}{v_s} = \frac{i_o(1K)}{i_s(1K)} = \frac{1.09}{1} \frac{i_o}{i_s} = 11.94 V/V$$

$$R_{i_{OL}} = \underbrace{1K \parallel R_1 \parallel R_{11}}_{0.91K} \parallel \underbrace{r_{\pi1}}_{6K} = 0.79 K$$

$$R_{i_{CL}} = \frac{R_{i_{OL}}}{1 + A_{i_{OL}} f} = 378 \Omega \quad R_i = \frac{1}{\frac{1}{R_{i_{CL}}} - \frac{1}{R_1}} = 607 \Omega$$

بخش ۳

بخش ۳

$$E/1. \quad R_{OL} = \underbrace{R_{22}}_{450\Omega} + \underbrace{r_{e2}}_{60\Omega} + \underbrace{\frac{1}{\beta}(R_6 \parallel R_2)}_{10\Omega} = 520\Omega$$

3 نمره

$$R_{ocL} = R_{oOL} (1 + A_{if}) = 1.08K$$

می سبب فرکانس های حد:

فرکانس حد بالا را خازن های ترانزیستور که باز می شوند، تعیین می کند و در اینجا

$f_h = \infty$ است

1 نمره

اما برای فرکانس حد پایین کمترین مقدار ثابت زمانی فرکانس حد پایین را می دهد:
در اینجا بزرگی به داشتن صیفین جدول کاملی نیست و می توان با تخمین و مقایسه هم به جواب رسید.

C_4	$0.1\mu F$	$1K + Z_i$	
C_2	$0.1\mu F$	$1K$	$\longrightarrow 0.1 \text{ mSec}$
C_1	$0.1\mu F$	$1K + 500K \parallel (r_{\pi 2} + R_4 \parallel 10K) \cong 55K$	
C_3	$100\mu F$	$470 \parallel r_{e1} = 53\Omega$	
C_{21}	$0.1\mu F$	$10K + Z_o + \dots$	

3 نمره

$$f_L = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi (0.1\mu F)(1K)} = 1.592 \text{ KHz}$$

$$V_{opp} = 300 \text{ mV} \quad V_{ipp} = \frac{V_{opp}}{A_v} = \frac{300 \text{ mV}}{11.94} = 25.1 \text{ mV}_{pp} \quad (ج)$$

1 نمره

ه و د) باید ببینیم که چه میزان ولتاژ بزرگی r_e که باعث می شود در رفتار غیر خطی می شود می افتد.
بمقایسه آن می توان متوجه شد که سهم اصلی در اعوجاج را Q_1 دارد یا Q_2 ؟ اگر $v_{be1} = v_{be2}$ باشد حقیقتاً چیست؟

$$v_{be2} = v_{be1} \frac{1K \parallel 500K \parallel (r_{\pi 2} + \beta(470\Omega))}{r_{e1}}$$

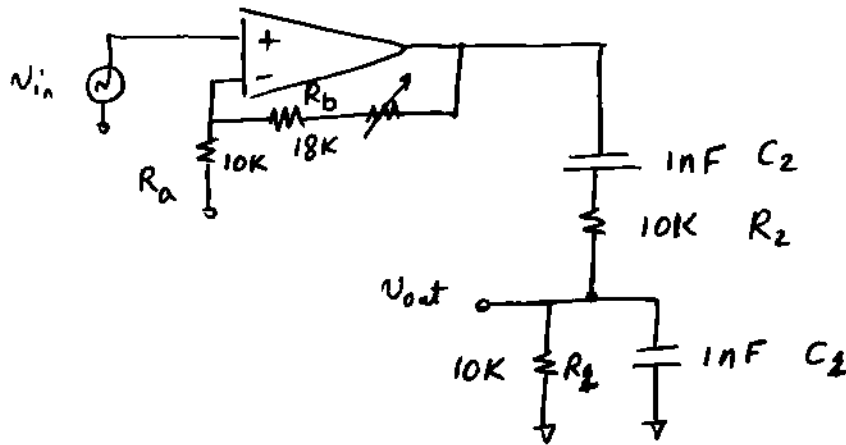
$$\cdot \frac{r_{e2}}{r_{e2} + 470} = \frac{0.98K}{60} \times 0.113 = 1.84 v_{be1}$$

و در نتیجه نسبت نفوذ در تولید اعوجاج 1.84 است و نفوذ Q_2 بیشتر است.

2 نمره + 2.5 نمره اضافی

Δ/1.

(۳) مدار در ورودی a - تلفی نیست



$$V_{in} \frac{R_a + R_b}{R_a} \cdot \frac{Z_p}{Z_p + Z_s} = V_{out}$$

$$V_{in} \frac{R_a + R_b}{R_a} \cdot \frac{\frac{R_1}{1 + R_1 C_1 s}}{\frac{1}{C_2 s} + R_2 + \frac{R_1}{1 + R_1 C_1 s}} = V_{out}$$

$$V_{in} \frac{R_a + R_b}{R_a} \cdot \frac{R_1 C_2 s}{(R_1 C_1 s + 1) + R_2 C_2 s (1 + R_1 C_1 s) + R_1 C_2 s} = V_{out}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_a + R_b}{R_a} \cdot \frac{R_1 C_2 s}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + (R_1 C_2 + R_2 C_2 + R_1 C_1) s + 1}$$

$$= \frac{R_a + R_b}{R_a} \cdot \frac{R C s}{R C s^2 + 3 R C s + 1}$$

در صورتی که $\frac{R_a + R_b}{R_a} = 3$ باشد، در فرکانس $\omega = \omega_0 = \frac{1}{RC}$

برای مدار در حلقه فیدبک دقیقاً

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 3 \cdot \frac{\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)}{\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2 + 3\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right) + 1} = \frac{3j}{3j} = 1 \angle 0^\circ$$

بنابراین فرکانس نوسان

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{1nF(10K)}$$

9/10

در صورتیکه دیودها خاموش باشند هر دو حلقه در فرکانس نوسان

$$\frac{32}{10} \cdot \frac{1}{3} = \frac{3.2}{3} = 1.06$$

در صورتیکه دیودها روشن باشند هر دو حلقه

$$\frac{28}{10} \cdot \frac{1}{3} = \frac{2.8}{3} = 0.93$$

(د) دامنه نوسان در خروجی دیودها تقریبی روشن می شوند که هر دو حلقه (سود

الته باید مقاومت متوسط $2K$ سود و در نتیجه دیودها باید روشن

شوند. (البته اگر سبب سازی دقیق کنیم چون مقاومت دیودها در بخشی

از سیکل ∞ است در موقع روشن شدن دیودها از مقاومت $4K$ هم پایین تر می روند که به متوسط $2K$ برسند ...)اما در محال با فرض $4K$ برای دیودها جریان DC لحظه ای
که باید از دیودها بگذرد

$$r_D = 4K = \frac{V_t}{I_D}$$

$$4K = \frac{26mV}{I_D} \Rightarrow I_D = 6.25 \times 10^{-6} A = 6.25 \mu A$$

یعنی دیودها به محض آنکه روشن شدن بهره را کاهش می دهند.

(اما دیودها برای روشن شدن باید حدود 0.7 ولت رو به خود داشته باشند.

$$\frac{0.7V}{4K} = \frac{700mV}{4000\Omega} = 0.175 mA$$

این جریان از مقاومت $18K$ و $10K$ هم ردی سود

$$\text{در نتیجه دامنه لحظه ای} = 0.175(10K + 18K) + 0.7 = 5.6 \text{ Volt}$$

۴- مدار مرجع یک رگولاتور در اینجا باید محقق شود که مشابه آن در کلاس محقق شده بود. ۷٪

$$\frac{5 - 0.7}{\underbrace{120K}_{R_2} + \underbrace{10K}_{R_3}} = \frac{4.3}{130K} = 33.07 \mu A$$

$$33.07 \mu A (10K) = 330.7 mV > 10V_t$$

یعنی درجه به جریان Q_2 احتیاج به حل معادلات غیرخطی نداریم.

$$I_{C1}(10K) = I_{C2}(\underbrace{3.3K}_{R_4}) \Rightarrow I_{C2} = 100.2 \mu A$$

برای باز کردن حلقه فیدبک بهترین مکان سمت راست R_5 است

$$r_{\pi 3} = \frac{26mV}{0.1mA} (\beta + 1) = 26.26 K\Omega \dots \text{بارگذاری ندارد}$$

$$I_{CQ3}$$

$$a_f = \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + 5K} \cdot \underbrace{g_{m3}}_{\substack{\uparrow \\ 100\mu A \\ 26mV}} \cdot \beta^2 \frac{(100 + 700)}{\underbrace{R_2}_{26.26K} \underbrace{R_6}_{700}} \cdot 1 \cdot \frac{700}{700 + 100} \cdot \underbrace{r_z}_{\substack{\uparrow \\ 100\Omega}}$$

$$= 22580$$

$$R_{out} = \left[\frac{R_{outQ2} \parallel R_{outQ3}}{\beta^2} \parallel \underbrace{\left(\frac{R_2 \parallel R_6}{100 + 700} \right)}_{800\Omega} \right] \underbrace{\frac{1}{1 + a_f}}_{22581} = 35.4 m\Omega$$

میزان ripple ورودی معادل 50mV است که آنرا معادل 25mV میگیریم.

باتوجه به وجود مقاومت سری r_z در D_1 مقدار ولتاژی که جریان Q_1 و Q_2 را تغییر می دهد برابر است با

$$V_{R_3 Q, R_2} = \frac{100\Omega}{10K + 100\Omega} 25mV = 247 \mu V$$

این ولتاژ منجر به تغییرات جریان Q_1 و عیناً با ۳ برابر افزایش منجر به افزایش جریان Q_2 می گردد.

۱/۱. تغییرات جریان Q_2 با فرض ثابت بودن جریان Q_3 به ولتاژی در collector Q_2 تبدیل می شود که عیناً در خروجی ظاهر می شود.
 ولتاژ حاصل پس از دو تقویت خازنی در D_2 و R_5 به Q_3 base می رسد و در جهت معکوس تغییرات کلکتور Q_2 را خنثی می کند.
 پس وجود فیدبک به اندازه بهره حلقه مقدار ولتاژ ripple را در خروجی کاهش می دهد.

$$\Delta I_{Q_1} = 247 \mu V / (120 K + 10 K) = 1.9 nA$$

$$\Delta I_{Q_3} = 3 \Delta I_{Q_1} = 5.7 nA$$

این جریان اضافی وارد مقاومت معادل دیده شده از Q_2 collector می شود و تبدیل به ولتاژی می گردد که در Q_2 collector ظاهر می گردد.

$$5.7 nA (\beta^2) \left(\frac{100}{R_2} + \frac{700}{R_6} \right) = 45.6 mV$$

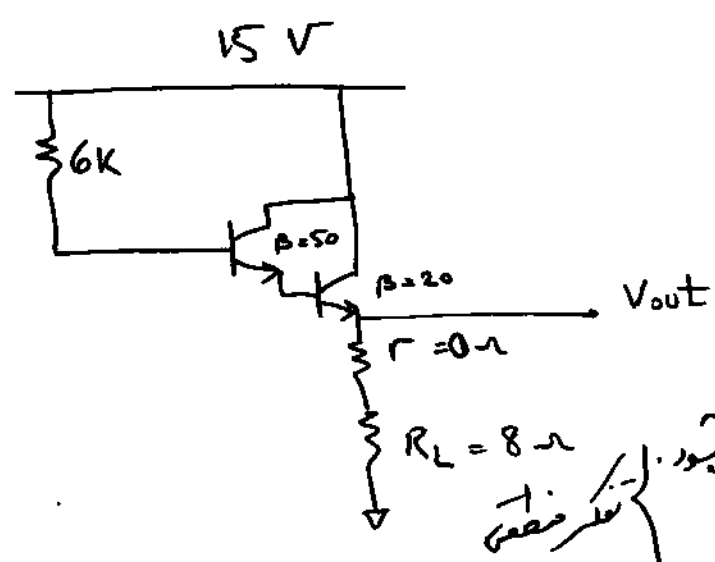
اما وجود فیدبک با توضیح بالا منجر به کاهش این ripple به اندازه loop gain می شود

$$\Rightarrow \text{ripple} = \frac{45.6 mV}{\frac{22581}{af+1}} = 2 \mu V_{peak}$$

R_6	R_5	R_4	R_3	r	Q_6	Q_5	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				مدارات صحافت
				✓					✓	✓	✓	مدار کاهش اعوجاج

ص
91.

(ب) در حالت حد اکثر دانه (لذات)



۱- غره ← شرط اشباع ترانزیستور

۲- غره ← شرط جین پس

۲- غره ← ضربه تغییر جین R

۲- غره ← انتقال - قدرت R که تا نیم است تغییر داده شود

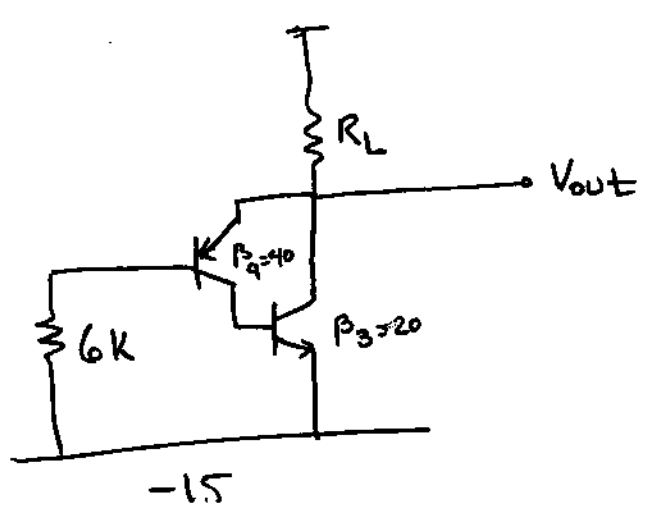
۳- غره ← ضربه صریح جواب بار ریت

اضافه کردن یک ترانزیستور دیگر (در استیون گمان)

$$\frac{15 - 1.4 - V_{out}}{6K} \cdot \underbrace{\beta_1 \cdot \beta_2}_{1000} = \frac{V_{out}}{r + R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{13.6}{6} = \frac{V_{out}}{8} + \frac{V_{out}}{6} \Rightarrow V_{out, max} = 7.77V$$

لذات:



$$\frac{V_{out} - 0.7 - (-15)}{6K} \cdot \underbrace{\beta_3 \cdot \beta_4}_{400} = \frac{0 - V_{out}}{R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{14.3}{15} = \frac{-V_{out}}{8} + \frac{-V_{out}}{15}$$

$$\Rightarrow V_{out, min} = -4.97V$$

برای حد اکثر شدن تابع ولتجی باید معادلتش $6k$ و بجای کاهش دار که جریان پس محدود کننده $swing$ باشد. (همه الا معان!)

$$\frac{15 - 1.4 - 13}{R_1} \cdot \beta_1 \beta_2 = \frac{13}{8}$$

مثلاً برای $swing$ از بالا:
 $13V$

(که مدار ضلعت فعلی می شود)

$$\Rightarrow R_1 = \beta_1 \beta_2 (0.6) \frac{8}{13} \approx 370 \Omega$$

ص
۱۰٪

با کاهش مقدار معادلت می توان $swing$ را تا 13.6 افزایش داد...

برای $swing$ از پایین:

$$\text{حد اکثر ولتجی: } -15 + 0.7 + 0.2 = -14.1$$

$$\frac{-14.1 - 0.7 - (-15)}{R_2} \beta_1 \beta_2 = \frac{0 - (-14.1)}{8}$$

$$\Rightarrow R_2 = \beta_1 \beta_2 (0.2) \frac{8}{14.1} \approx 45.4 \Omega$$

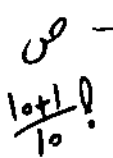
(ج)

$$V_{BE(on)} = 0.7$$

ولتجی دیگر r بین معادلتش R_3 و R_6 تقسیم می شود.

$$\frac{1k}{1k + 1k} \cdot V_r = 0.7 \Rightarrow V_r = 1.4V \Rightarrow I_r = 1.4 A$$

MA



↓ 1.4 A

1

$\sim A$

سے جواب کی رقم درصورت منقطع ہونے پر قبل سے خواہند ہو