

توینت کننده Inverting هست پس خروجی op-Amp اول:

$$V_{01} = V_2 \left(-\frac{Z'}{Z} \right) = V_2 \left(-\frac{1000k}{100k} \right) = -10V_2$$

و دوباره همان Inverting هست تفاوت ورودی آن همان 100k است.

برای op-Amp دومی با جمع آوری می توانیم بنویسیم:

$$V_0 = V_{01}' + V_{02}$$

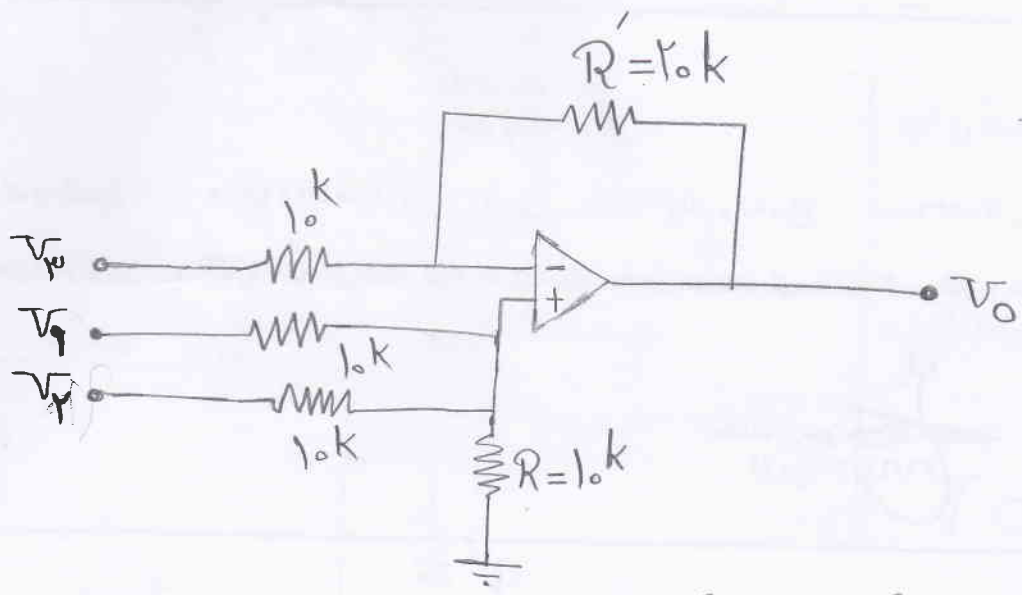
$$V_{01}' = V_{01} \left(\frac{50}{50+50} \right) \left(1 + \frac{Z'}{Z} \right) = V_{01} \left(\frac{1}{2} \right) \left(1 + \frac{100k}{100k} \right) = V_{01} = -10V_2$$

$$V_{01}' = -10V_2$$

$$V_{02} = \left(\frac{50}{50+50} \right) V_1 \times \left(1 + \frac{100k}{100k} \right) = V_1 \rightarrow V_{02} = V_1$$

$$V_0 = V_1 - 10V_2$$

جمع:



$$V_o = V_{o_{\mu}} + V_{o_r} + V_{o_1}$$

طبق قضیه جمع آثار می توان نوشت:

Inverting op-Amp: $V_{o_{\mu}} = V_{\mu} \left(-\frac{R}{10k} \right) = V_{\mu} \left(-\frac{20k}{10k} \right) = -2V_{\mu}$

$$V_{o_{\mu}} = -2V_{\mu}$$

$$V_{o_1} = V^+ \left(1 + \frac{R'}{10} \right) = V^+ \left(1 + \frac{20k}{10k} \right) = 3V^+$$

$$V^+ = V_1 \times \frac{10||10}{(10||10) + 10k} = V_1 \times \frac{5}{5 + 10k} \rightarrow V^+ = \frac{1}{\mu} V_1$$

$$V_{o_1} = \frac{3}{\mu} V_1$$

و می توان برای V_{o_r} می توان نوشت:

Non Inverting: $V_{o_r} \rightarrow V^+ \left(1 + \frac{R'}{10k} \right) = V^+ \left(1 + \frac{20k}{10k} \right) = 3V^+$

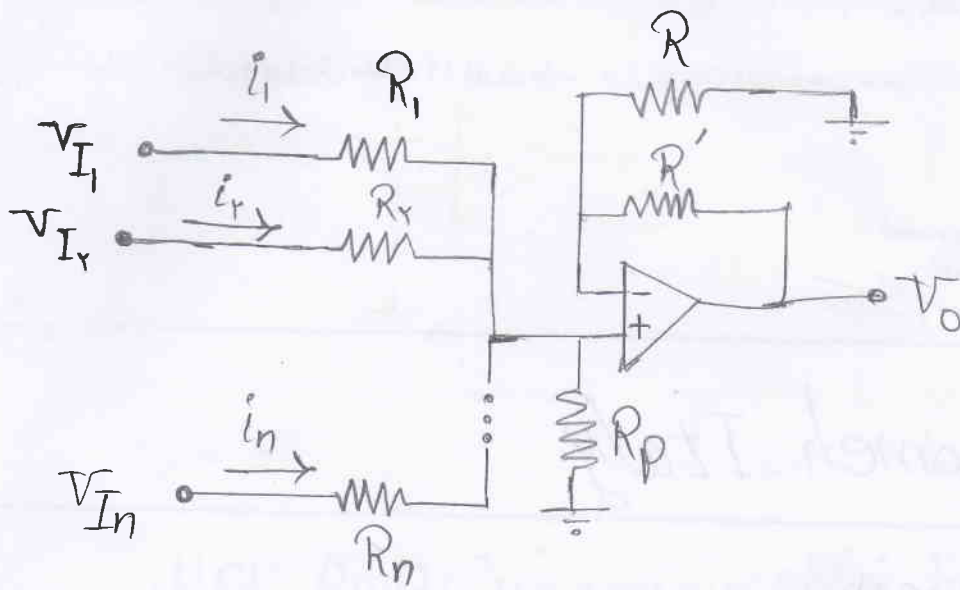
$$V_{o_r} = \frac{3}{\mu} V_1$$

از قانون جمع آثار می دانیم:

Total $V_o = V_{o_1} + V_{o_r} + V_{o_{\mu}} = V_1 + V_1 - 2V_{\mu}$

$$V_o = \left[1 + \frac{R'}{R} \right] \sum_{k=1}^n \frac{V_{Ik} \times R_k}{R_k + R'_k}$$

۴- ثابت لید خوبی برابر است با:



- از طریق جمع آثار خوبی

V_o را می نویسیم

V_{o1} اند V_{I1} خواهد بود

I could be mean

$V_{o1} \Rightarrow$ Non Inverting: $V_{o1} = V^+ \times \left(1 + \frac{R'}{R} \right)$

$V^+ = V_{I1} \times \frac{R'_1}{R_1 + R'_1}$ مسئله سال قبلی: $R'_1 = R_2 \parallel R_3 \parallel \dots \parallel R_n \parallel R_p$ در آن

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R'}{R} \right) \times V^+ = \left(1 + \frac{R'}{R} \right) \times \frac{R'_1}{R_1 + R'_1}$$

$V_{o2} = \left(1 + \frac{R'}{R} \right) \times V_{I2} \times \frac{R'_2}{R_2 + R'_2}$ معین نظر برای V_{o2} می نویسیم:

در آن: $R'_2 = R_1 \parallel R_3 \parallel \dots \parallel R_n \parallel R_p$

$V_{on} = \left(1 + \frac{R'}{R} \right) \times V_{In} \times \frac{R'_n}{R_n + R'_n}$

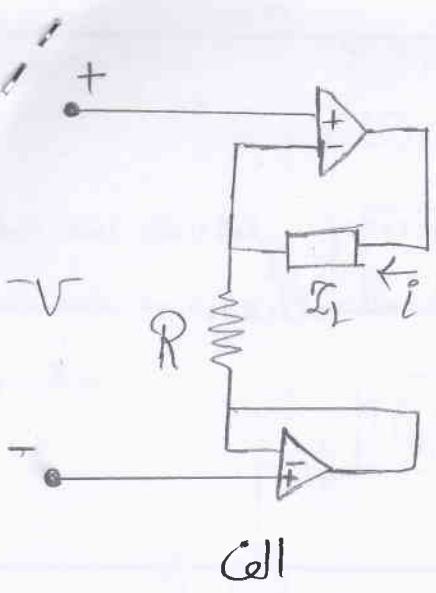
و به همین ترتیب:

$R'_n = (R_1 \parallel R_2 \parallel R_{n-1} \dots \parallel R_p)$

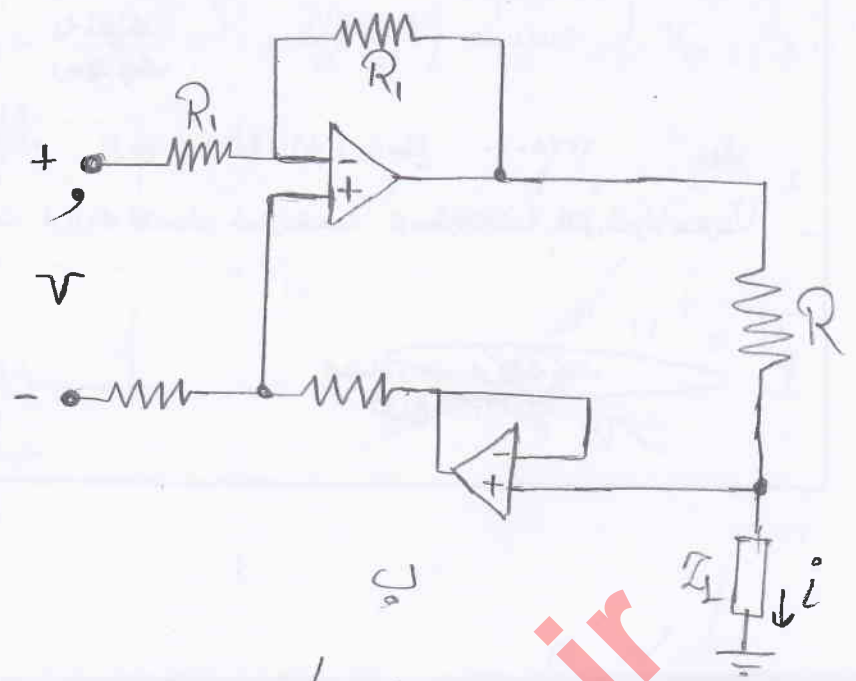
پس: $V_o = \left[1 + \frac{R'}{R} \right] \sum_{k=1}^n \frac{V_{Ik} \times R'_k}{R_k + R'_k}$

از جمع تمامی روابط
خواهیم داشت:

9- در مدارات شکل زیر جریان i را بر حسب V به دست آورید



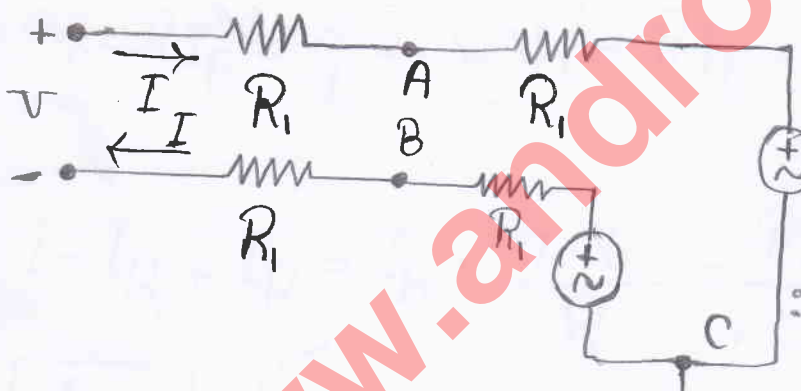
الف



ب

الف) در Op-Amp بالایی به دلیل قید یک منقن $V^+ = V^-$ است پس ولتاژ سر بالایی R دارای همان ولتاژی است خواهد بود و ولتاژ سر پایینی R نیز همان ولتاژی منقن V خواهد بود. لذا جریان جاری در R به سمت راست خواهد بود. همان i می باشد پس $i = \frac{V}{R}$.

در مدار (ب): منبع ولتاژ به شکل زیر در خروجی Op-Amp صافی تا آنجا در نظر بگیریم:



در ترمینال + و -
سخت جریان آ مساوی است و از گره C به زمین جریان نمی کشد و در آنجا:

$$I = \frac{V + I_0 \times R_1 - (I_L + R) \times i_0}{4R_1}$$

$$I = \frac{V - R_1 i_0}{4R_1}$$

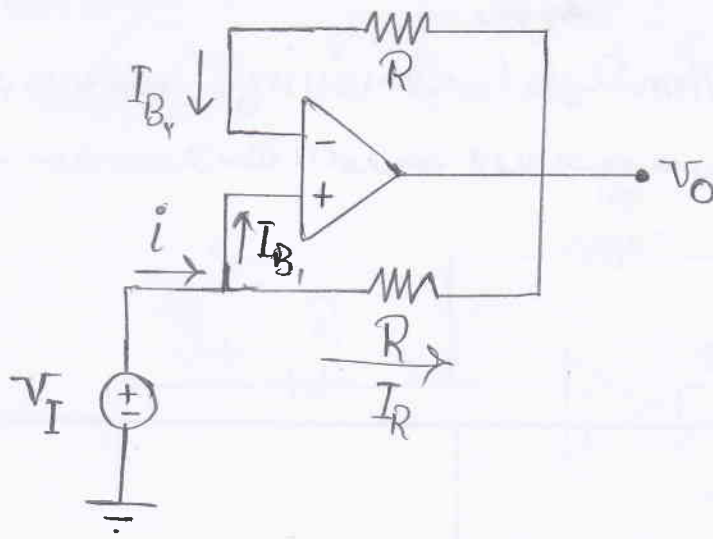
$$V_A = V - R_1 \times I, \quad V_B = R_1 \times I \quad \xrightarrow{V_A = V_B} \quad V - R_1 I = R_1 I \rightarrow \boxed{V = 2R_1 I}$$

$$V = 2R_1 \left(\frac{V - R_1 i_0}{4R_1} \right) \rightarrow 2V = V - R_1 i_0 \rightarrow$$

$$\boxed{i_0 = -\frac{V}{R}}$$

با جایگزینی i_0 در آنجا:

۱۱- جریان بایاس این تقویت کننده و جریان اغراق از میزان ورودی برابر همفرست. ولتاژ خروجی v_o برابر حسب v_i و I_B و R بیان کنید. جریان ورودی i چه مقداری خواهد بود؟



فیدبک منفی: $v^- = v^+$
 $v^+ = v_i$

- در صورت مسئله گفته شده: (جریان اغراق از میزان ورودی صفر است): $I_{i0} = 0$

$$I_{B1} - I_{B2} = I_{i0} = 0 \xrightarrow{\text{و همیشه}} I_{B1} = I_{B2} \xrightarrow{\text{و همیشه}} I_B = \frac{1}{2} (I_{B1} + I_{B2})$$

$$\xrightarrow{\text{و همیشه}} \boxed{I_B = I_{B1} = I_{B2}}$$

$$v_o - RI_B = v_i \rightarrow v_o = RI_B + v_i$$

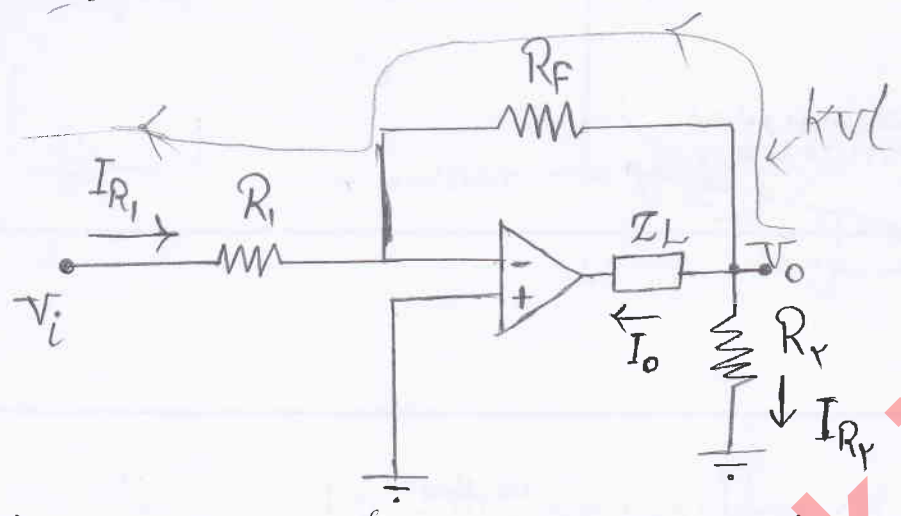
- و برای جریان I خواهیم داشت:

$$i = I_{B1} + I_R = I_B + \frac{v_i - v_o}{R} = \frac{RI_B + v_i - v_i - RI_B}{R} = 0$$

$$\boxed{i = 0}$$

۱۲- الف) مدار سلف را تجزیه و تحلیل کنید:

با یک منبع $V_S = 2V$ به صورت سری با $R_S = 1k\Omega$ به سرورود V_i متصل می‌کنیم.
در صورتی که $R_1 = 100k$, $R_F = 1M\Omega$, $R_Y = 10k\Omega$ باشد، I_0 را محاسبه کنید.



Handwritten notes and a small diagram on the right side of the page.

فرض می‌کنیم $V^- = V^+ = 0$ → $I_{R_1} = \frac{V_i - V^-}{R_1} = \frac{V_i}{R_1}$ (فرض می‌کنیم R_F نیز می‌گذرد پس:)

KVL: $-V_i + (R_1 + R_F) \frac{V_i}{R_1} + V_0 = 0$ →

$V_0 = V_i - (R_1 + R_F) \frac{V_i}{R_1}$ → $V_0 = V_i \left(1 - \frac{(R_1 + R_F)}{R_1} \right)$ →

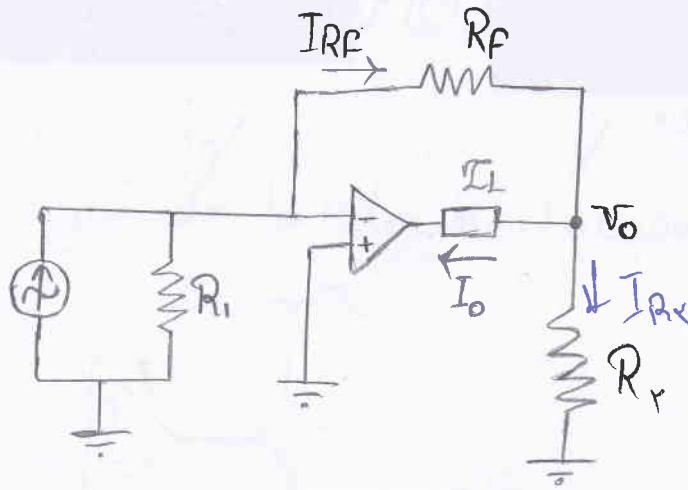
$V_0 = V_i \left(\frac{R_1 - R_1 - R_F}{R_1} \right)$ → $V_0 = \left(-\frac{R_F}{R_1} \right) V_i$

حالا اگر بخواهیم برای I_0 به دست آوریم: داریم: $I_0 = I_{R_F} - I_{R_Y}$

$I_0 = \frac{V_i}{R_1} - \frac{V_0}{R_Y}$ ← $I_{R_F} = I_{R_1} = \frac{V_i}{R_1}$

$I_0 = \frac{V_i}{R_1} + \frac{R_F}{R_1} \times V_i \times \frac{1}{R_Y} = \frac{V_i}{R_1} \times \left(1 + \frac{R_F}{R_Y} \right) = V_i \times \frac{1}{R_1} \left(1 + \frac{R_F}{R_Y} \right)$ ← I_0 : Inverting op-Amp

۱۳- در مدار شکل زیر I_0 را بر حسب I_i به دست آورید. ضمناً اثر R_1 و R_2 را نیز بررسی عملی در مدار زیرسی کرده و مشخص کنید مدار چه کاری انجام می دهد؟



$$V_0 = -R_F I_{RF} = -R_F I_i$$

$$I_{R_Y} = \frac{V_0}{R_Y} = -\frac{R_F I_i}{R_Y}$$

جریان مقاومت R_Y نیز برابر است با:

$$I_0 = I_{RF} - I_{R_Y} = I_i - \left(-\frac{R_F I_i}{R_Y}\right) = I_i \left(1 + \frac{R_F}{R_Y}\right)$$

مدار فوق مبدأ تقویت کننده‌ی جریان بوده یعنی I_0 به I_i ضرب می شود.

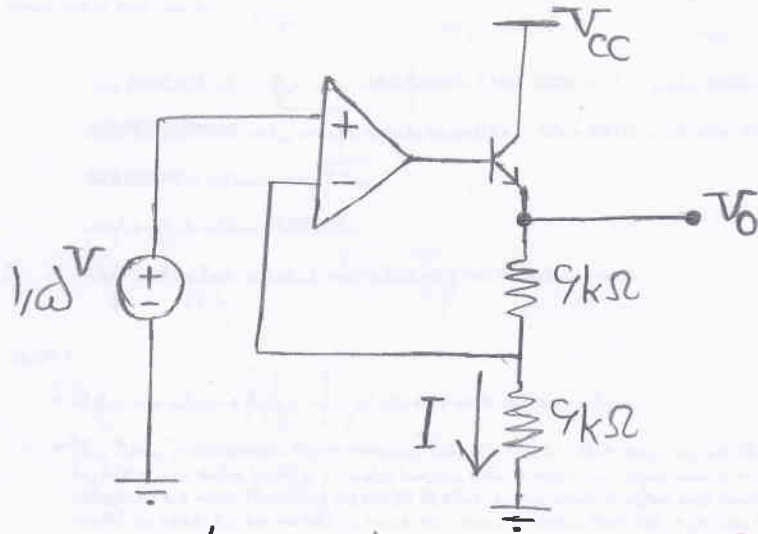
ضمناً اثر R_1 و R_2 در تعیین I_0 هیچ تاثیری نداشته است.

www.androidbank.ir

۱۴- مدار زیر به ازای مقادیر $12 \leq V_{CC} \leq 18$ ولت یک مقدار ثابت در خروجی ایجاد می‌کند.

الف) با بیان هر دو ضابطه لازم می‌دانید، به ازای $V_{CC} = 10V$ ، جریان I ، ولتاژ V_{CE} و ولتاژ V_O را به دست آورید.

ب) در $V_{CC} = 12V$ ، توضیح دهید که متغیرهای مدار چگونه تغییر می‌کنند؟



خطی \rightarrow قسید منفی $V^- = V^+ = 1.5V$

جریان کسره سه توسط Op-Amp صفر است. بنابراین از تقسیم ولتاژ می‌توان نوشت:

$$V^+ = 1.5V = V_O \times \frac{9k}{9k + 9k} \rightarrow \boxed{V_O = 3V}$$

واژه آنجا: $I = \frac{1.5}{9k} = 0.167mA$ \hookrightarrow V_O از V_{CC} از بین \hookrightarrow

$$V_{CE} = V_{CC} - V_O = 10 - 3 = 7V \quad \left| \quad -3 + (9+9)k I = 0 \rightarrow I = \frac{3}{12} = 0.25mA \right.$$

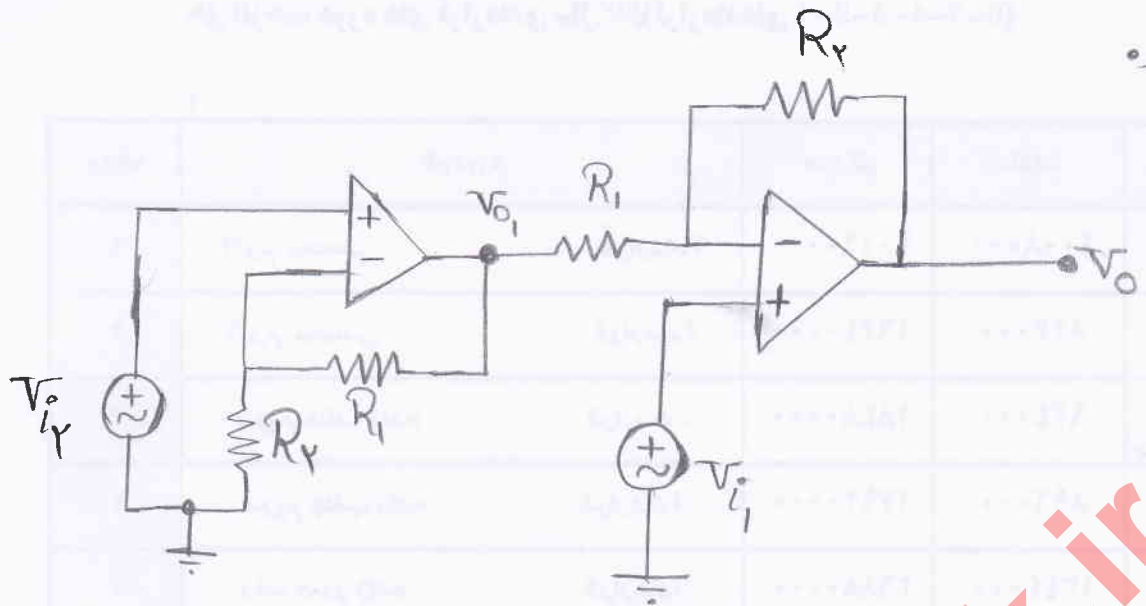
ب) با تغییر V_{CC} به $12V$:

KVL: $-V_{CC} + V_{CE} + V_O \rightarrow V_{CE} = V_{CC} - V_O = 12 - 3 = 9V$

پس با تغییر V_{CC} به $12V$ ، فقط V_{CE} افزایش پیدا می‌کند.

۱۹- مدار تقویت کننده اثر دفریک سگنل زیر را در نظر بگیرید:

با فرض اینکه تقویت کننده های عملیاتی در ناحیه خطی خود کار می کنند، V_o را بر حسب V_{i1} و V_{i2} به دست آورید.



OP-Amp اولی به صورت Non Inverting بسته شده است. بنابراین:

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_{i2}$$

تقویت کننده عملیاتی دوم نیز با جمع آوری فواید بسته شده است.

و همچنین به صورت Non Inverting بسته شده است:

$$V_o = V_{i1} \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) + V_{o1} \left(-\frac{R_f}{R_1}\right) \rightarrow$$

در حالت دوم جمع آوری، به صورت Inverting بسته شده است.

$$V_o = V_{i1} \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) + \left[\left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_{i2}\right] \times \left(-\frac{R_f}{R_1}\right) \rightarrow$$

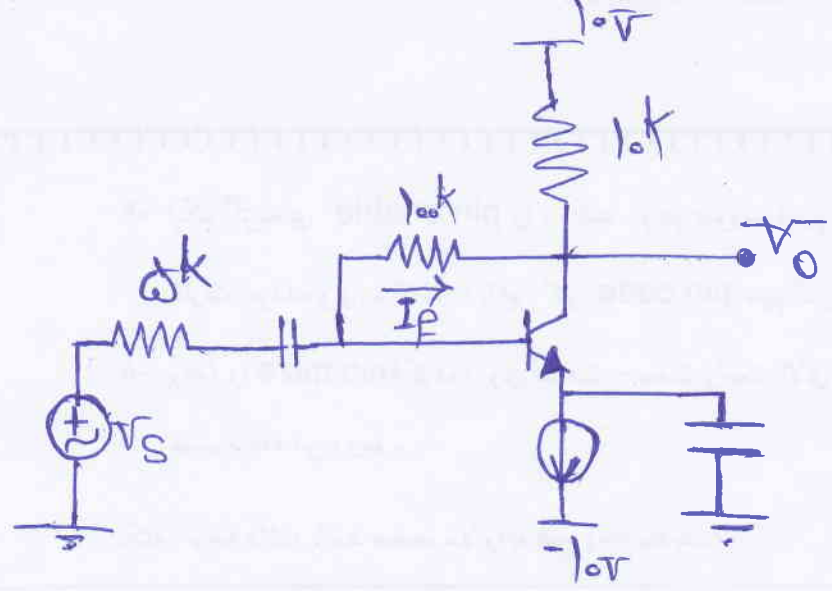
$$V_o = V_{i1} \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) + \left[\frac{(R_f + R_1)}{R_f} V_{i2}\right] \times \left(-\frac{R_f}{R_1}\right) \rightarrow$$

فالتی لری

$$V_o = V_{i1} \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) - \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_{i2}$$

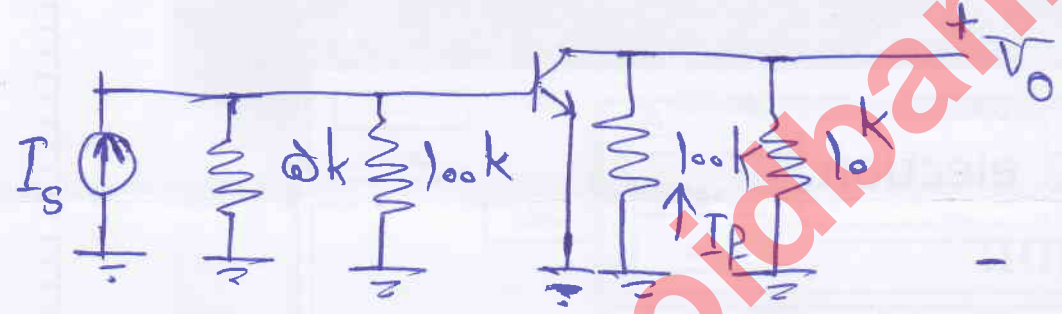
$$\boxed{\left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) (V_{i1} - V_{i2}) = V_o}$$

فیدبک -



فیدبک ولتاژ موازی است.
 با $V_0 = 100k$ (عنصر فیدبک)
 به صورت موازی با بیس و زمین
 درمی آید. مدار AC به صورت

نیز در می آید و I_P باید از کده ورودی
 دور شود چون فیدبک ولتاژ موازی داریم (اگر سری بود به سختی داشت)
 پس ورودی را به صورت نوسان می کشیم: (سری AC)



$$h_{ie} = \frac{h_{fe} \times V_T}{I_C} = \frac{100 \times 25 \text{ mV}}{0.5 \text{ mA}} = 5 \text{ k}\Omega$$

$$A_p = \frac{V_0}{I_s}, \quad \beta V_0 = I_P \rightarrow \beta = \frac{I_P}{V_0} = \frac{I_P}{-100 I_P} = -\frac{1}{100}$$

$$A_v = \frac{V_0}{V_{in}} = (10k \parallel 100k) \times (\beta) \times \left(\frac{1}{5k \parallel 100k} \right)$$

فقدان فیدبک
 (درست نمی خورد)

$$A_v = 191,1 = \frac{V_0}{V_{in}}$$

$$V_{in} = I_s \times (5 \parallel 100 \parallel h_{ie}) \Rightarrow V_{in} = 2,44 I_s$$

اینجا ظاهره:
 برای $\frac{V_0}{I_s}$

$$A_v = \frac{V_0}{V_{in}} = 191,1 = \frac{V_0}{2,44 I_s} \rightarrow \frac{V_0}{I_s} = -442,9 = A_p$$

((صفتی بعد باز هم رو سن خوردت))

ادامی جواب ۴ :

$$A_f = \frac{V_o}{i_s} = -111,1$$

$$1 + BA = 1 + \left(-\frac{1}{100}\right)(-1111,9) = 1 + 11,119 = 12,119$$

$$A_f = \frac{A}{1 + BA} = \frac{-1111,9}{12,119} = -91,71$$

در نهایت به دست می آید :

$$A_{VF} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{R_s \times I_s} = \frac{V_o}{I_s} \times \frac{1}{R_s} \Rightarrow$$

$$A_{VF} = -91,71 \times \frac{1}{10} = -9,171$$

مقاومت ورودی با بار R_L که در دسترس است.

$$R_i = R_s \parallel h_{ie} \parallel 100k = 10 \parallel 10 \parallel 100 \rightarrow R_i = 5,1429k$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + BA} = \frac{5,1429k}{12,119} = 424,2k = R_{if}$$

دو مقدار R_{in} و R_{if} در دسترس می باشد.

$$R_{in} \parallel R_s = R_{if}$$

R_{in} را می توانیم بدست آوریم :

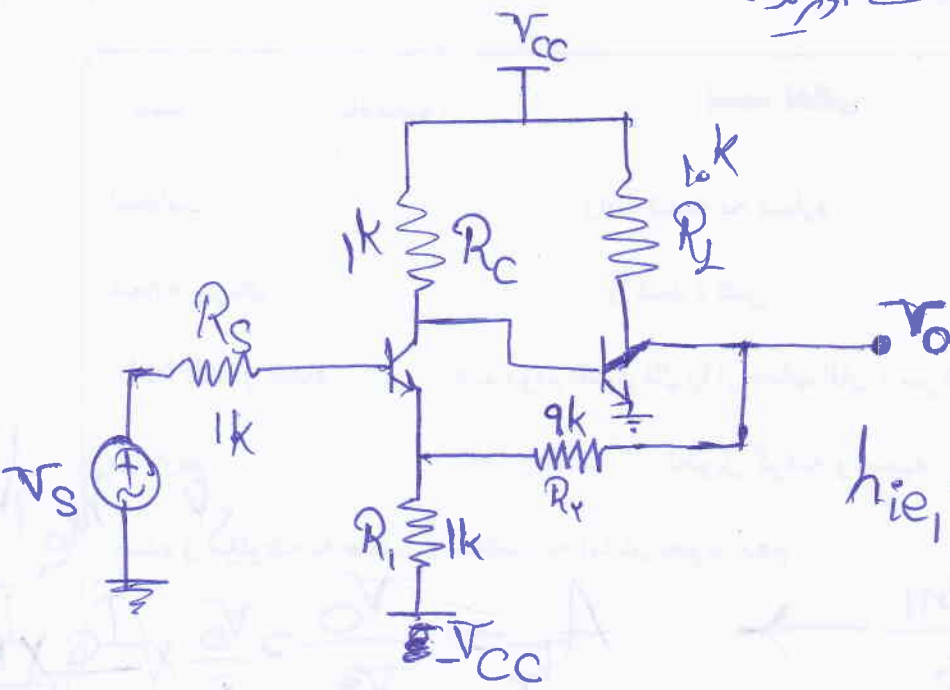
$$\frac{R_{in} \times R_s}{R_{in} + R_s} = R_{if} \rightarrow \frac{R_{in} \times 10k}{R_{in} + 10k} = 424,2k \rightarrow$$

$$424,2k \times (R_{in} + 10k) = R_{in} \times 10k \rightarrow 424,2k R_{in} = 4242k \rightarrow$$

$$R_{in} = 10k \approx 9,9k$$

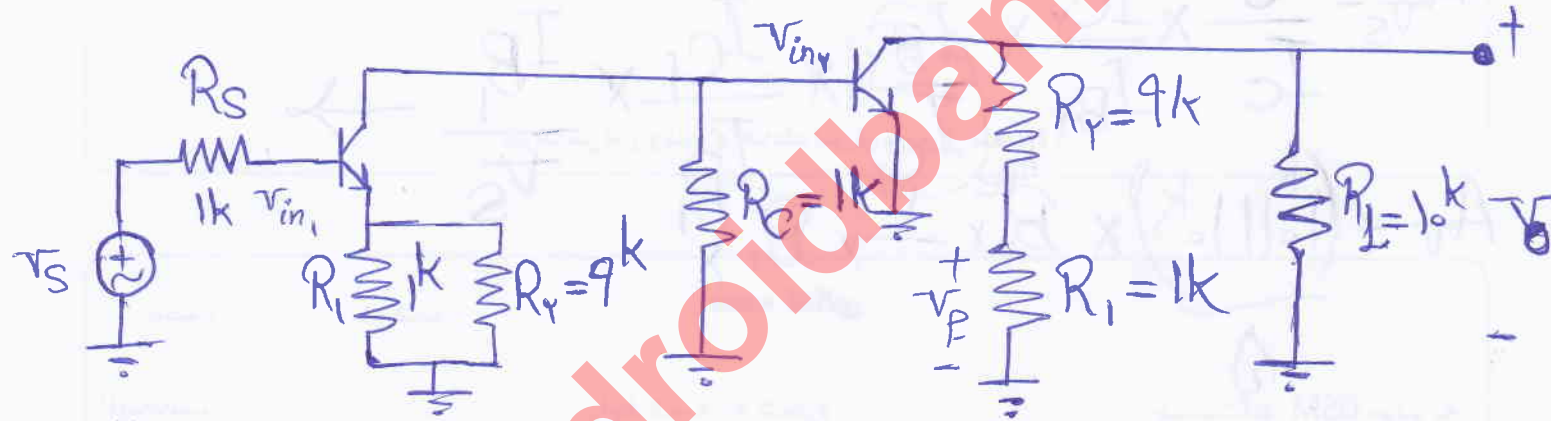
د- A_p ، R_{if} و R_{of} بر حسب دست آورده.

- فیدبک ولتاژ سری هست.



$$h_{ie_1} = \frac{h_{fe} \times V_T}{I_{C_1}}, \quad h_{ie_2} = \frac{h_{fe} \times V_T}{I_{C_2}}$$

مدل AC: (بدون فیدبک):



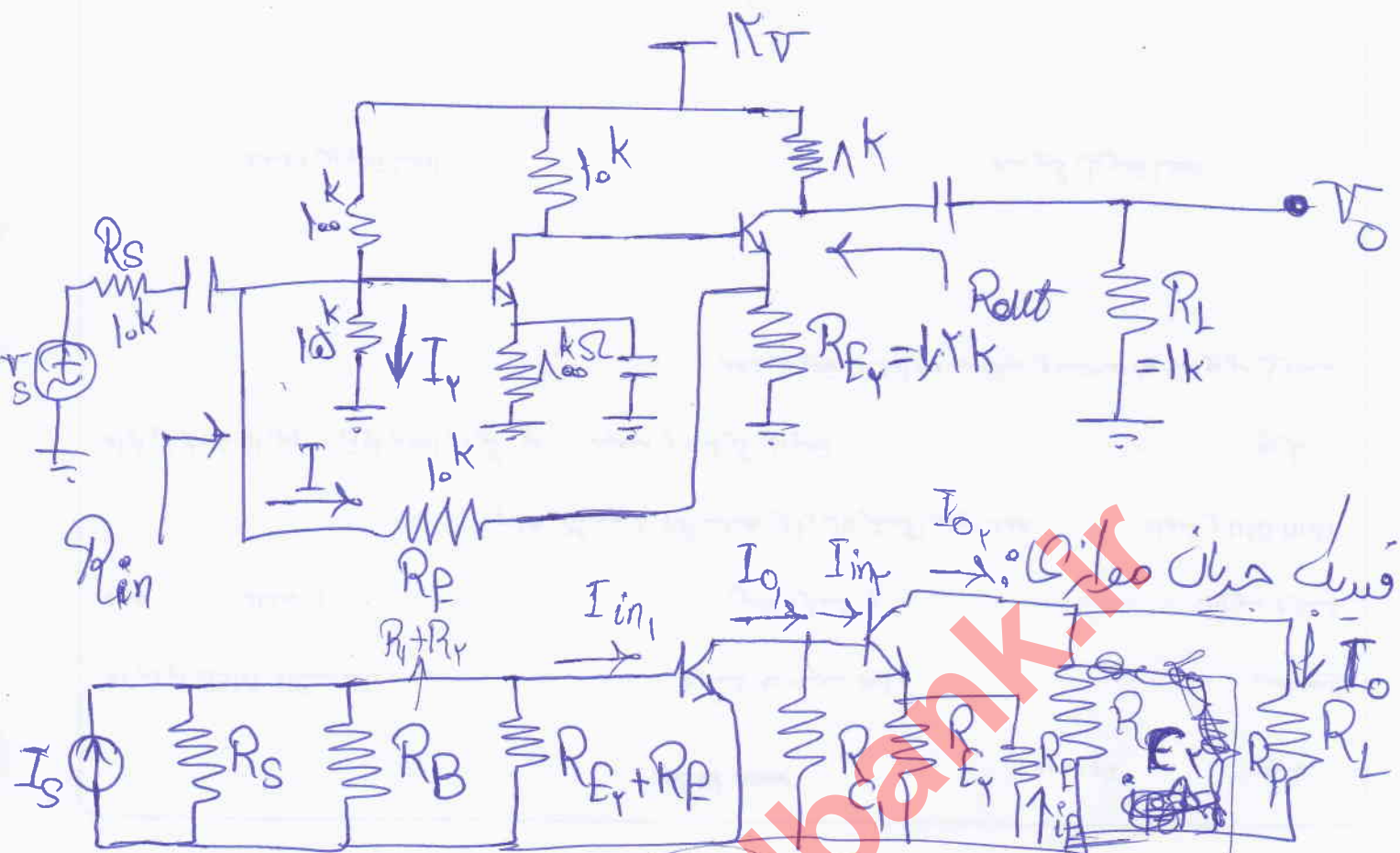
برای: $v_P = \beta v_o \rightarrow \beta = \frac{v_P}{v_o} = \frac{v_o \times R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in_1}} \times \frac{v_{in_2}}{v_{in_1}} \times \frac{v_{in_1}}{v_s} \rightarrow$$

$$A_{v_f} = \frac{v_o}{v_{in_2}} = \frac{v_o}{I_{C_2}} \times \frac{I_{C_2}}{I_{B_2}} \times \frac{I_{B_2}}{v_{in_2}} = (R_L \parallel R_1 + R_2) \times h_{fe_2} \times \frac{1}{R_c}$$

$$A_{v_1} = \frac{v_{in_2}}{v_s} = \frac{v_{in_2}}{I_{C_1}} \times \frac{I_{C_1}}{I_{B_1}} \times \frac{I_{B_1}}{v_s} = R_c \times \beta_1 \times$$

$P_{out}, P_{in}, \frac{V_o}{V_s}, h_{fe_1} = h_{fe_2} = 100 - 9$



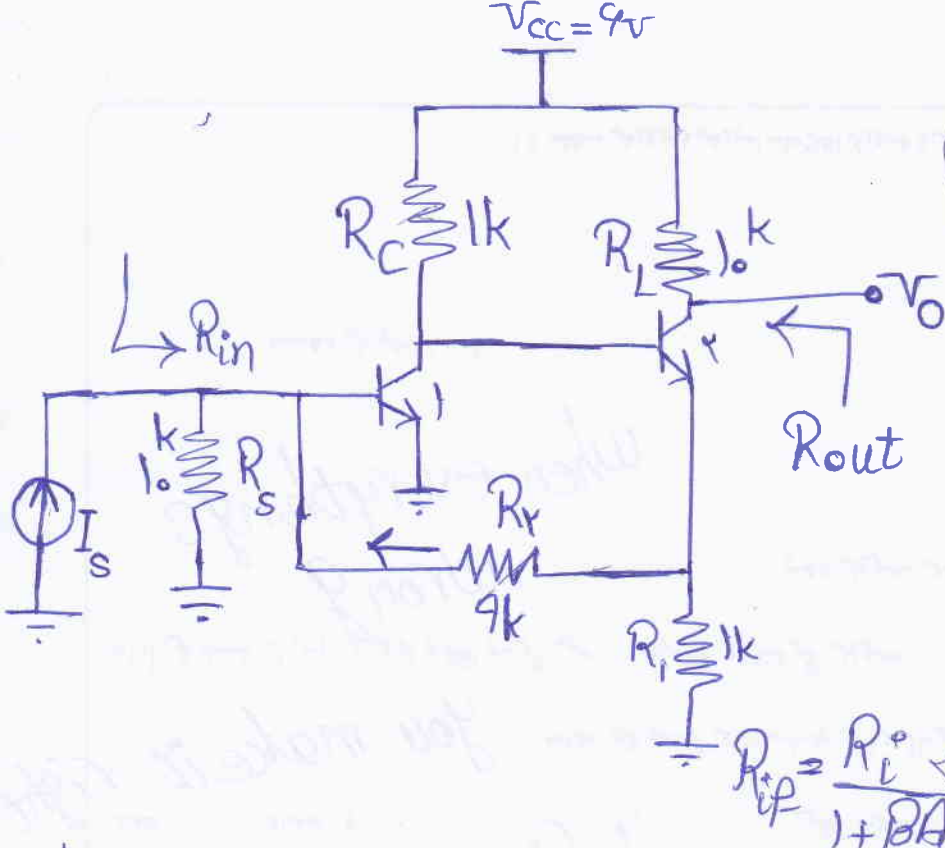
$$A_T = \frac{I_{o2}}{I_s} \quad , \quad \beta = \frac{I_f}{I_o} = \frac{R_{E2} \times I_{o2}}{R_{E1} + R_F \times I_{o1}}$$

$$A_T = \frac{I_{o2}}{I_s} = \frac{I_{o2}}{I_{in2}} \times \frac{I_{in2}}{I_{o1}} \times \frac{I_{o1}}{I_{in1}} \times \frac{I_{in1}}{I_s}$$

$$\frac{I_{in2}}{I_{o1}} = \frac{R_{C1}}{R_{C1} + h_{ie2} + (1+h_{fe})(R_{E2} \parallel R_F)} \quad , \quad \frac{I_{o1}}{I_{in1}} = -h_{fe}$$

$$\frac{I_{in1}}{I_s} = \frac{R_S \parallel R_B \parallel (R_{E1} + R_F) \parallel h_{ie1}}{h_{ie1}}$$

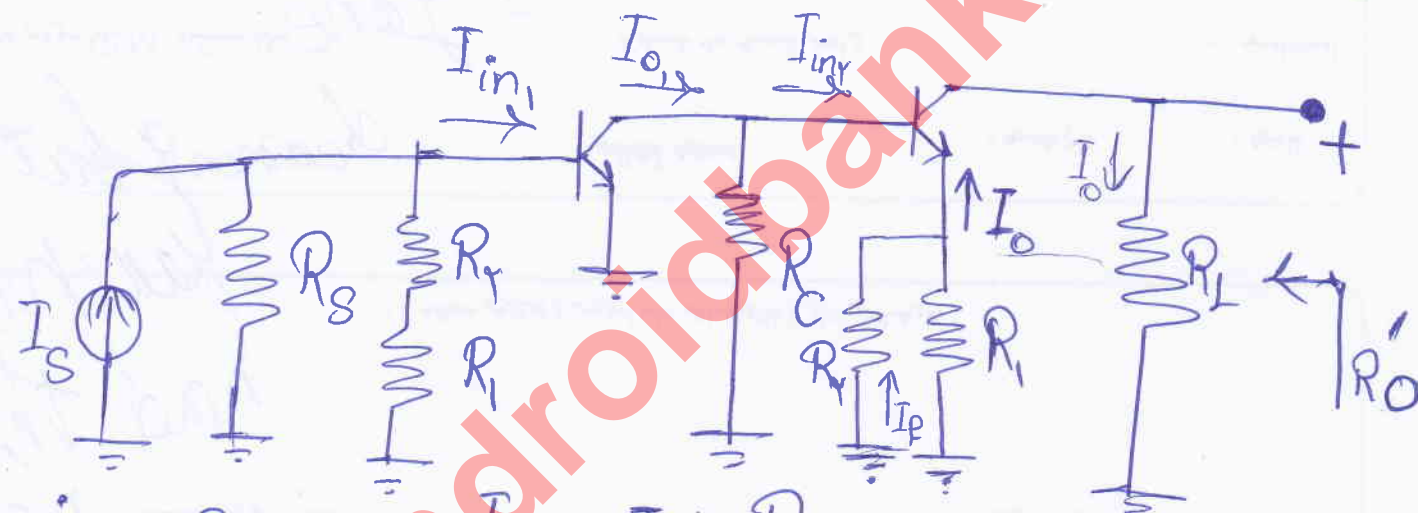
$$A_{PF} = \frac{A_T}{H_{BAI}}$$



۱- جریان معرّفی کنید:
 معرّفی کنید و با آن بارگذاری کنید است:

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta A}$$

$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1 + \beta A}$$



$$I_i = -I_f = -\beta I_e \rightarrow \beta = \frac{I_f}{I_e} = \frac{I_o \times R_L}{R_1 + R_f} = \frac{R_L}{R_1 + R_f} = B$$

Current Divider

Current Gain:

$$A_I = \frac{I_o}{I_s} = \frac{I_{o1}}{I_{in1}} \times \frac{I_{in1}}{I_s} \times \frac{I_{o2}}{I_{in2}} \times \frac{I_{in2}}{I_{o1}}$$

$$A_{I_1} = (-h_{fe}) \times \left(\frac{I_{o1} \times \frac{R_c}{R_c + R_{in2}}}{I_{o1}} \right) = -h_{fe} \times \frac{R_c}{R_c + R_{in2}}$$

$$R_{in2} = h_{ie} + (\beta + 1) [R_1 || R_f]$$

$$A_{I_1} = \frac{I_{in_1}}{I_s} = \frac{I_s}{I_s \left(\frac{1}{R_{in_1}} + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_1 + R_2} \right)} \rightarrow h_{ie_1}$$

$$A_P = \frac{A}{1 + BA}$$

$$A_{I_2} = \frac{R_c}{R_c + [h_{ie_2} + (1 + h_{fe_2}) R_{e_2}] \times \frac{1}{R_{in_1} \left(\frac{1}{R_{in_1}} + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_1 + R_2} \right)}}$$

$$D = 1 + BA$$

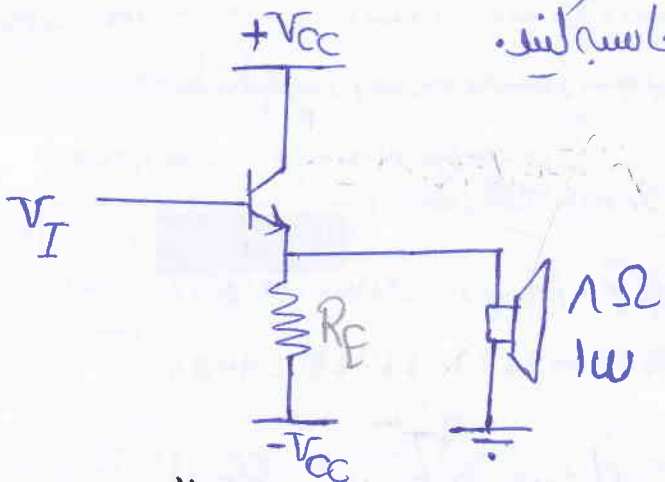
A_P پولى پولى

$$R_i = R_s \parallel (R_1 + R_2) \parallel R_{in_1} = R_s \parallel (R_1 + R_2) \parallel h_{ie_1}$$

www.androidpank.com

« فصل دوازدهم »

۳- مقادیر R_E و V_{CC} را در مدار شکل زیر طوری تعیین کنید که بتوان $1W$ با بیشترین بازده به بارهای 1Ω منتقل شود. بازه اینتر میاسب کنید.



$$V_{om} = \frac{R_L}{R_L + R_E} \times V_{CC} \rightarrow$$

~~$$V_{om} = \frac{1}{1+1} \times V_{CC}$$~~

$$P_{Lmax} = \frac{V_{CC}^2 R_L}{2(R_E + R_L)} \Rightarrow$$

مانند نیم این مقادیر وقتی است که $R_L = R_E$ باشد. لذا $R_E = 1\Omega$ پس داریم:

$$1W = \frac{1}{2} \times \frac{V_{CC}^2 \times 1}{2(1+1)^2} \rightarrow 1W = \frac{V_{CC}^2}{4} \rightarrow V_{CC} = 2V$$

$$\eta = \frac{P_{Lmax}}{P_s} = \frac{1W}{2V_{CC} \times I_{CQ}}$$

و بازه اینتر میاسب کنید:

$$I_{CQ} = I_E + I_{R_L} \xrightarrow{KCL} I_{CQ} = \frac{V_o - (-V_{CC})}{R_E} + \frac{V_o}{R_L} \rightarrow$$

که $V_o = 0$ با $V_I = 0$ همان V_{BE} خواهد بود در حد صفر تقریبی شود.

لذا: $I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_E}$ چنانچه:

$$\eta = \frac{1W}{2V_{CC} \times I_{CQ}} = \frac{1W}{2V_{CC} \times \frac{V_{CC}}{R_E}} \rightarrow \eta = \frac{R_E}{2V_{CC}^2}$$

$R_E = 1\Omega$
 $V_{CC} = 2V$

$$\eta = \frac{1}{12} \times 100 = 8.33\%$$

بازده:

① - سگت زیر یک طبقه خردی کلاس AB انسان می دهد. جانف $V_{BE} = 0.7V$ و $V_{CE(sat)} = 0.2V$ ، $1.0V \leq V_I \leq -1.0V$ ، معلوم است :

الف) اگر $R_L = 1k\Omega$ باشد، جریان های I_{C1} ، I_{C2} ، I_{C3} ، I_{C4} و I_{D1} را برای $V_0 = 5V$ بدست آورید. از جریان بیس ترانزیستورها صرف نظر کنید.
 ب) $P_{L,max}$ و بازه بار برای $R_L = 200\Omega$ و $R_L = 2k\Omega$ بدست آورید.

$$V_{BE2} = V_{BE3} \rightarrow I_{C2} = I_{C3}, I_{E2} = I_{E3}$$

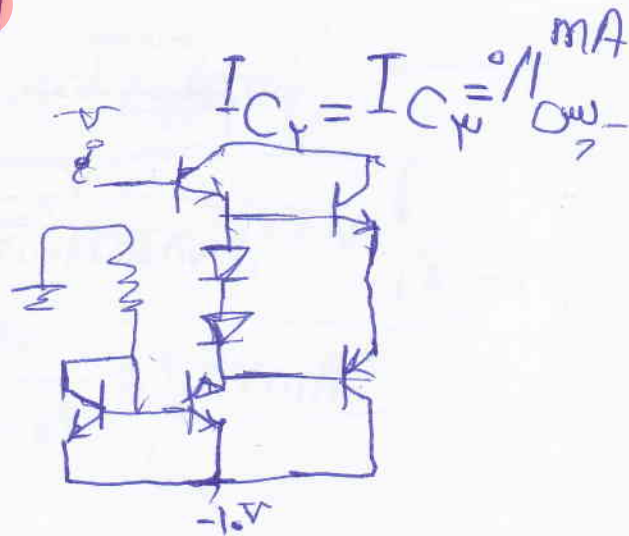
$$+1.0 - 0.7 - 9\mu^k (I_{C2} + I_{B2} + I_{B3})$$

از جریان بیس ها صرف نظر

$$9\mu^k I_{C2} = 9.1\mu \rightarrow I_{C2} = 0.1mA$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{D1} = I_{D2} = 0.1mA$$

$$I_{C2} - I_{C4} = \frac{V_0}{R_L} = \frac{5}{1k} = 5mA \quad (1)$$



$$V_{D1} + V_{D2} = V_{BE2} + V_{BE3} \rightarrow$$

$$V_T \ln \frac{I_{D1}}{I_S} + V_T \ln \frac{I_{D2}}{I_S} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_S} + V_T \ln \frac{I_{C4}}{I_S}$$

$$I_{C2} \times I_{C4} = I_{D1} \times I_{D2} \rightarrow I_{C2} \times I_{C4} = (0.1)^2 = 0.01 \quad (2)$$

$$(I_{C4} + 5) I_{C4} = 0.01 \rightarrow I_{C4} = 2\mu A, I_{C2} = 5mA$$

$$V_{Omax} = V_{E_1(max)} - V_{BEc}$$

V_{Omax}

$$V_{Omax} = V_{I,max} - V_{BE_1} - V_{BEc} = 10 - 0.7 - 0.7 = 11.9V$$

$$V_{O,min} = -10 + V_{CE(sat)} + V_{BE\omega} = -9.1$$

$$V_{om} = 11.9V \quad P_L = \frac{1}{2} \times \frac{V_{om}^2}{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{11.9^2}{2k} = 11.9mW$$

$$P_{L,max} = \frac{1}{2} \times \frac{11.9^2}{2k} = 11.9mW$$

$$P_L = 200\Omega$$

توان خروجی در بار از طرف منبع

$$P_S = 10 \left(I_{CQ1} + I_{CQ2} + I_{CQ3} + I_{CQ4} + I_{CQ5} \right)$$

$$P_S = 10 \left(0.1 + 0.1 + 0.1 + 1.4V + 1.4V \right) = P_S = 10.1W \quad R_L = 2k\Omega$$

$$I_{CQ2} = I_{CQ4} = \frac{V_{om}}{\pi \times R_L} = \frac{11.9}{\pi \times 2k} = 1.14mA$$

$$\eta = \frac{P_{L,max}}{P_S} = \frac{11.9mW}{10.1W} \approx 91\%$$

$$P_S | R = 2k\Omega$$

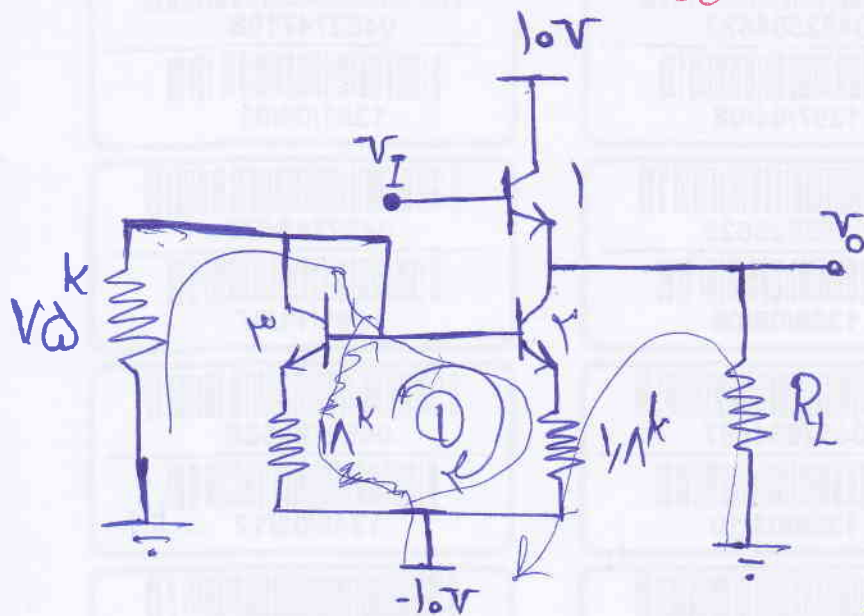
$$R | 200\Omega =$$

$V_{BE} = 0.7V$ و $V_{CE(sat)} = 0.2V$ - ۱۴

الف) بیازگی $R_1 = 20k$ و $R_2 = 2k$ معادله $V_{0,max}$ و $V_{0,min}$ و بازه

ب) بیازگی $R_1 = 20k$ و $R_2 = 2k$ معادله $V_{0,max}$ و $V_{0,min}$ و بازه

۱) KVL: (از جریان سس ساعتی نظر)



$$0.7V + 1/20k I_{Cp} - 10k I_{Cp} - 0.7V = 0 \rightarrow I_{Cp} = 10 I_{Cn}$$

$$10 - 1/2k I_{Cp} - 0.7V - 20k I_{Cp} = 0$$

$$9.3 = 10 I_{Cp} - 20k I_{Cp} \rightarrow 9.3 = 10 I_{Cp} - 20k I_{Cp} \rightarrow 9.3 = 10 I_{Cp} - 20k I_{Cp}$$

$$I_{Cp} = 0.1 \text{ mA}$$

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

وقتی است که $V_{0,min}$ قطع باشد در این حالت $I_{Cp} = 1 \text{ mA}$ از R_2 سس و خواص راست

$$V_{0,min_1} = -R_L \times I_{Cp} = -2k \times 1 \text{ mA} = -2V$$

$$V_{0,min_2} = -V_{0,min_1} + 0.7V + 1/20k I_{Cp} - 10 \rightarrow V_{0,min_2} = -1V$$

$$V_{0,min_1} = -R_L \times I_{Cp} = -20k \times 1 \text{ mA} = -20V : R_L = 20k$$

$$V_{0,max} = 10 - V_{CE(sat)} = 9.8V$$

$$-V = \text{دسته اول} \left\{ \begin{array}{l} V_{om\min} = -2 \text{ V} \\ V_{om\max} = 9 \text{ V} \end{array} \right. \quad : R_L = 2 \text{ k} \text{ (دسته اول)}$$

$$P_{R_L, \max} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{om}^2}{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{9^2}{2 \text{ k}} = 1 \text{ mW} \quad \text{توان تحویل نهایی}$$

توان تحویل نهایی توسط منبع :

$$P_S = 1.0 \times I_{CQ_1} + 1.0 \times (I_{CQ_2} + I_{CQ_3})$$

$$I_{CQ_3} = 0.1 \text{ mA} \quad \text{و تقطیر دسته اول} \quad I_{CQ_2} = I_{CQ_1} = 1 \text{ mA} \quad \text{دسته اول}$$

$$\rightarrow P_S = 1.0 \times 1 \text{ mA} + 1.0 \times (1 \text{ mA} + 0.1 \text{ mA}) = 2.1 \text{ mW} \quad P_S$$

$$\eta = \frac{P_{R_L, \max}}{P_S} \times 100 = \frac{1 \text{ mW}}{2.1 \text{ mW}} \times 100 = 47.6\%$$

دسته اول : $R_L = 2 \text{ k}$: دسته اول توان Max می تواند اولت باشد : $V_{om\min} = -1$: دسته اول.

$$P_{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{om}^2}{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{9^2}{2 \text{ k}} = 1.9 \text{ mW}$$

$$P_S = 1.0 \times I_{CQ_1} + 1.0 \times (I_{CQ_2} + I_{CQ_3}) = 2.1 \text{ mW}$$

$$\eta = \frac{P_{R_L, \max}}{P_S} = \frac{1.9}{2.1} = 90.5\%$$

$$\eta = \max I_{R_L} = ? \%$$

$$V_o(\min)_1 = V_o(\min)_r = -1V \quad \text{سوی Max بودن به این است}$$

$$10 - 1/k I_{CQ_r} - V_{CEQ_r}(\text{sat}) - R_L I_{CQ_r} = 0 \rightarrow$$

$$-R_L I_{CQ_r} = -V_{CC} + V_{CEQ_r}(\text{sat}) + 1/k I_{CQ_r} \rightarrow$$

$$R_L = 1k\Omega$$

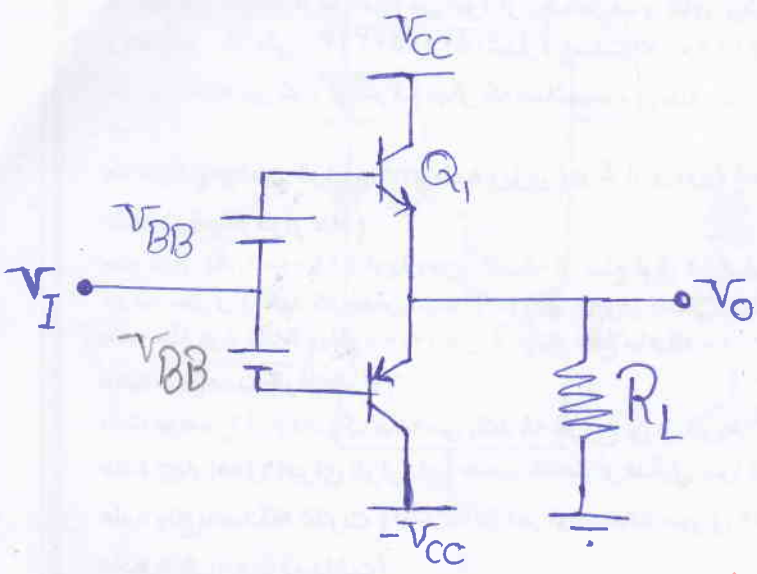
$$P_{L, \max} = \frac{1}{R_L} \times \frac{V_{om}^2}{2} = 15mW$$

$$P_S = I_o I_{CQ_r} + I_o (I_{CQ_r} + I_{CQ_e}) = 21mW \quad \eta = 19\%$$

www.andriolabank.ir

۷- تعیین کنید که ولتاژ V_{BE} برای نقطه کاری 1mA در حالت بیس است. V_{BB} مورد نیاز برای نقطه کاری در حالت های زیر:

الف) $|V_{BE}| = 0.7\text{V}$ در 1mA



KVL: $-2V_{BB} + V_{BE1} + V_{EB2} = 0$
 با توجه به اینکه $V_{EB2} = V_{BE1}$

$-2V_{BB} + 2V_{BE1} = 0 \rightarrow$

$V_{BE1} = V_{EB2} = V_{BB}$

الف) جریان نقطه کاری 1mA است. بیس $I_E = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \rightarrow I = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$

$V_{BE1} = V_{BB}$ ولت داده شده بیس 0.7V ولت داده شده بیس 1mA در V_{BE} بیس $0.7\text{V} = V_{BB}$ می شود.

ب) $|V_{BE}| = 0.7\text{V}$ در 1.0mA : در این حالت می توان نوشت:

$1.0 = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$

$\frac{1}{1.0} = e^{\frac{V_{BE} - 0.7\text{V}}{V_T}} \rightarrow V_{BE1} = 0.61\text{V}$

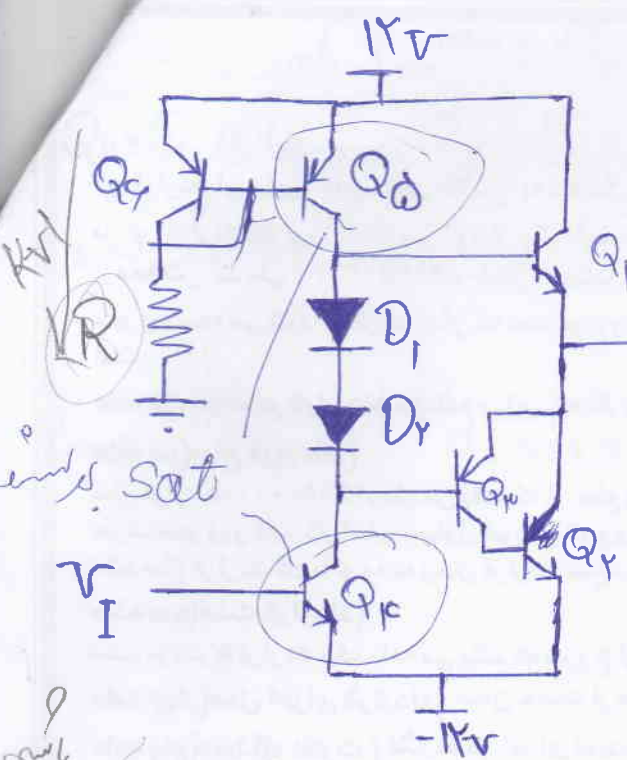
با تقسیم دو رابطه، خواسته ماست:

9 در مدار زیر ترانزیستورها دارای مشخصات:

$V_{BE} = 0.7V$ و $V_{CE(sat)} = 0.2V$

$h_{FE} = 50$

الف) با فرض اینکه ترانزیستورها در کلاس B و کلاس B بایاس هستند، حداقل مقدار مقاومت R را طوری که به دست آورید تا نه از ای $R_L = 10 \Omega$ Max مقدار نوسان معیار خروجی برآید باسیم.



کلاس B : نیم سیکل Q_1 : ON و نیم سیکل Q_2 : ON - حالت دیگر: ای 10Ω خروجی Max داشته

$\rightarrow V_{Omax} : -12 + V_{CE(sat)} + V_{BE} + V_{Omax} \rightarrow V_{Omax} = 11.2V$

$V_{Omin} : +12 - V_{CE(sat)} - V_{BE} = 0 \rightarrow V_{Omin} = -11.2V$

پس ما لزیم دامنه تغییرات معیار خروجی خواهد بود $V_{om} = 11.2V$

$I_{E1} = \frac{V_{om}}{R_L} = I_{E2} = I_{C2}$ اما چون کلاس B است، در نیم سیکل مثبت فقط ترانزیستور Q_1

Q_1 روشن است و دو ترانزیستور باسیم Q_2 و Q_3 خاموش است I_{E2} و I_{C2}

پس: $I_{E1} = \frac{V_{om}}{R_L} = \frac{11.2}{10} = 1.12 mA$ و $I_{B1} = \frac{I_{E1}}{B+1} = \frac{1.12}{51} = 2.175 \mu A$

در حالت حداقل جریان، $I_{om} = 1.12 mA$ ، Q_1 : ON می باشد. Q_2 ، Q_3 و Q_4 : OFF و جریان I_{C2} خواهد بود:

$I_{C2} = I_{B1} = 2.175 \mu A$ ، $I_R = I_{C2} + I_{B1} + I_{B2}$

پس: $2.175 \mu A = 12 \cdot 10^{-6}$

$i_R = \frac{12 - 0.7}{R} = I_{C2} + 2I_{B1} = 2.175 + 2 \times 2.175 = 6.525 \mu A$

$R = 1.84 k\Omega$

۱۰- در مدار شکل قبل، به ازای $R_L = 100 \Omega$ و $V_o = 10V$ ، مقدار بازده مدار را به دست آورید.

مقدار توان تحویل داده شده به R_L در خروجی است.

$$P_L = \frac{1}{2} \times \frac{V_{om}^2}{R_L} \rightarrow P_L = \frac{1}{2} \times \frac{100}{100} = 500 \text{ mW}$$

و توان منابع عبارتند از: (توان سیگنال در خروجی Q_1 و Q_2 در نیم سیکل فعال می باشد).

$$P_S = \pi (I_{CQ_1} + I_{CQ_2} + I_{CQ_3}) + 12 [i_{C_1(av)} + i_{C_2(av)}]$$

$$P_S = \pi (2,75 + 2,75 + 2,75) + 12 \left[\frac{2}{\pi} \times \frac{V_{om}}{R_L} \right]$$

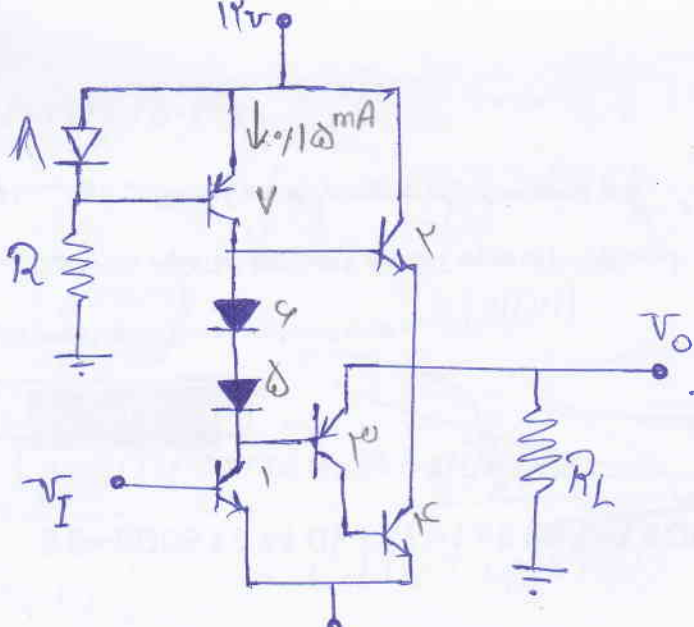
$$P_S = 99 \text{ mW} + 762,9 = 861,9 \text{ mW}$$

و بهر برابر خواهد بود با:

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} \times 100 = \frac{500}{861,9} \approx 58\%$$

www.andriodbank.ir





1) در مدار زیر ترانزیستورهای با $h_{fe} = 100$ و $I_S(PNP) = 10^{-15} A$ و $I_S(NPN) = 10^{-14} A$

$V_{BE} = 0.7V$ و $V_{CE(sat)} = 0.1V$

الف) به ازای $R_L = 1k\Omega$ ، محدوده تغییرات V_O را به دست آورید.

جریان $I_{E1} = I_{E2} = I_{C1} = I_{C2}$ می باشد و این حد اکثر جریانی است که می توانند وارد بیس Q_1 و Q_2 شود. جریان دیودهای Q_3 و Q_4 و Q_1 و Q_2 در متن است و Q_3 و Q_4 حتماً هستند.

بسیار (max) ترانزیستور Q_1 :

$$I_{E1}(max) = 0.15 \times (\beta + 1) = 15.15 mA$$

$$V_O(max) = I_{E1}(max) \times R_L = 15.15 \times 1k = 15.15V$$

از تقویم بیس به اشباع رفتن

$$-V_O(max) - V_{BE1} + V_{E1}(max) \Rightarrow V_{Omax} = V_{E1}(max) - V_{BE1} \Rightarrow$$

$$V_O(max) = 12 - V_{CE(sat)} - V_{BE1} = 12 - 0.1 - 0.7 = 11.2V$$

بسیار محدوده تغییرات V_O ، $11.2V \pm$ خواهد بود.

ب) برای $V_O = 0$ ، جریان نقطی کار ترانزیستورها را مشخص کنید. صفر باشد.

اعداد V_O و توسط I_{R1} در دست می آید و از تقویم بیس به اشباع رفتن می آید.

$$-12 + 0.9 + 0.7 + V_{Omax} = 0$$

$$V_{Omax} = 11.2V$$

$$V_{Dq} + V_{D\omega} = V_{BEr} + V_{EBp}$$

$$V_T \ln \frac{I_{Dq}}{I_{S(NPN)}} + V_T \ln \frac{I_{D\omega}}{I_{S(NPN)}} = V_T \ln \frac{I_{Er}}{I_{S(NPN)}} + V_T \ln \frac{I_{Ep}}{I_{S(PNP)}}$$

می توان نوشت:

$$\frac{I_{Dq} \times I_{D\omega}}{[I_{S(NPN)}]^2} = \frac{I_{Er} \times I_{Ep}}{I_{S(NPN)} \times I_{S(PNP)}}$$

$$I_{D\omega} = I_{Dq} = \beta I_{B_r}$$

و اما برای:

$$\frac{(\beta I_{B_r})^2}{I_{S(NPN)}} = \frac{(\beta + 1) I_{B_r} \times I_{Er}}{I_{S(PNP)}}$$

$$\frac{(\beta I_{B_r})^2}{10^{-14} \times 10^{-16}} = \frac{101 I_{B_r} \times I_{Er}}{10^{-14} \times 10^{-16}}$$

با جایگزینی $I_{S(NPN)}$ و $I_{S(PNP)}$ و ساده سازی:

$$(\beta I_{B_r})^2 \times 10^2 = 101 I_{B_r} \times I_{Er} \quad (1)$$

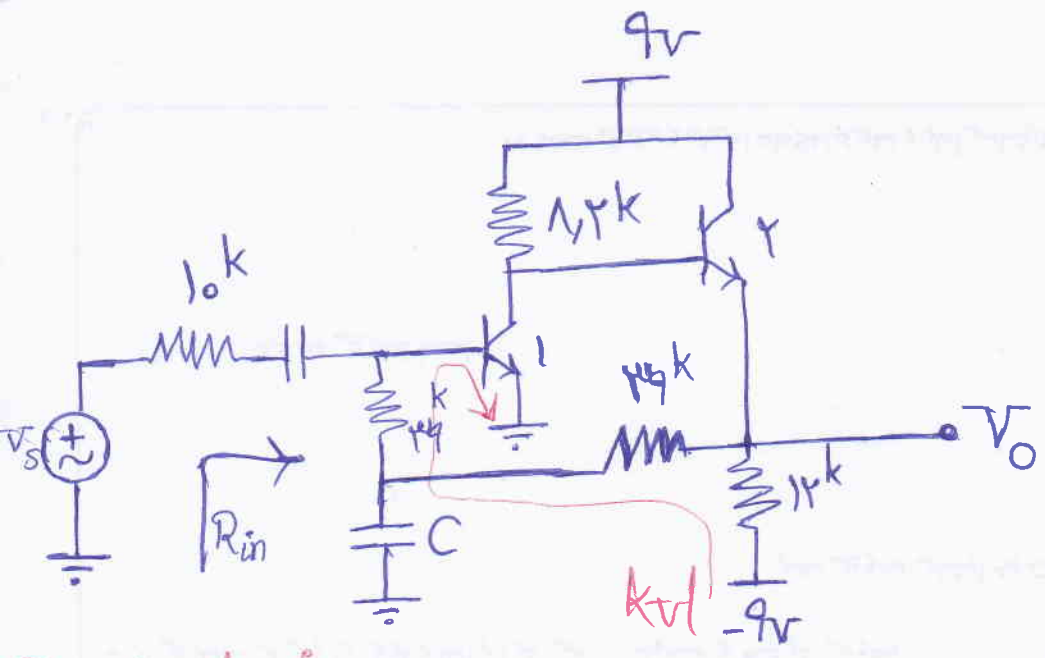
$$I_{Er} = I_{Ep} + I_{Cr} = I_{Ep} + h_{fe} I_{B_r} = h_{fe} I_{Cp} + I_{Ep}$$

: $V_{Dq} = V_{D\omega} = 0$

$$I_{Er} = I_{Ep} + (h_{fe}) \times \frac{h_{fe}}{1+h_{fe}} \times I_{Ep} \approx (1+h_{fe}) I_{Ep}$$

$h_{FE} = 100$

استعمال DC :



DC Analysis :

$$9 - 12(I_{E_1} - I_{B_1}) - (12k + 10k)I_{B_1} + 0V = 0 \rightarrow$$

$$I_{E_1} = 101 I_{B_1} \rightarrow 9V - 12(101 I_{B_1} - I_{B_1}) - (22k)I_{B_1} = 0 \rightarrow$$

$$1212 I_{B_1} - 90 I_{B_1} = 9V \quad (1)$$

$$V_{E_1} = 9 + 12k(I_{C_1} + I_{B_1}) + 0V = 0 \rightarrow$$

از طرف دیگر داریم :

$$I_{C_1} = 100 I_{B_1} \rightarrow V_{E_1} = 9 + 12k(100 I_{B_1} + I_{B_1}) + 0V \rightarrow$$

$$1212 I_{B_1} + 1200 I_{B_1} = 9V \quad (2)$$

دو معادله را با هم حل می‌کنیم :

$$I_{B_1} = \frac{\begin{vmatrix} 9V & 1200 \\ 9V & -90 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1212 & 1200 \\ 1212 & -90 \end{vmatrix}} = 1.42 \times 10^{-4} \text{ mA}, \quad I_{B_1} = 1.42 \times 10^{-4} \text{ mA}$$

بنابراین : $I_{C_1} = 0.142 \text{ mA}$ و $I_{C_2} = 0.142 \text{ mA}$

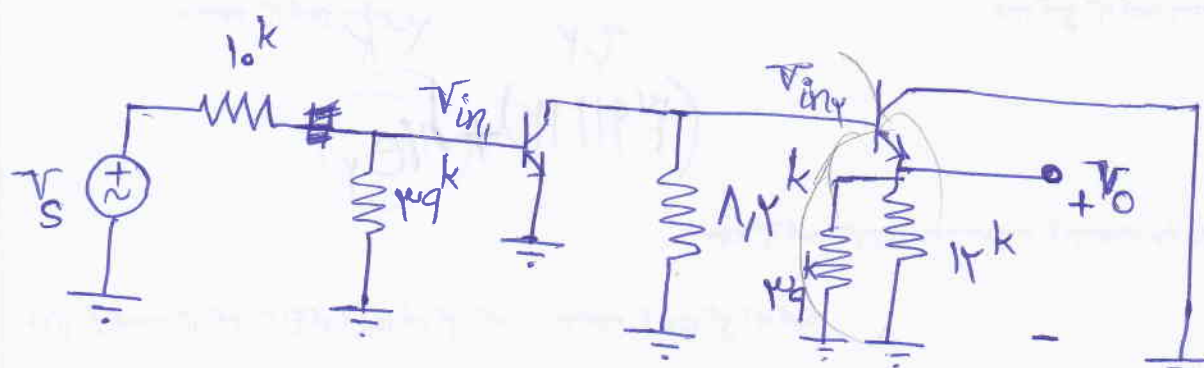
$$-9 + 12k I_{C_1} + V_{CE_1} = 0 \rightarrow V_{CE_1} = 5.12V$$

$$-9 + 12k I_{C_2} - 9 = 0 \rightarrow V_{CE_2} = 0.12V \quad (3)$$

$$h_{ie_r} = \frac{100 \times 20}{0.192} = 104k$$

$$h_{ie_e} = \frac{100 \times 20}{0.192} = 104k$$

• β و h_{fe} : در مدار AC



$$A_V = \frac{V_o}{V_s} \quad A_{V_r} = \frac{V_o}{V_{in_r}} = \frac{(h_{fe} + 1) R_E}{h_{ie_r} + (h_{fe} + 1) R_E}$$

$$A_{V_r} = \frac{101(9.2k)}{104k + (101)9.2k} = \frac{929.2}{9292} \approx 0.1 \quad A_{V_r} < 1$$

$$A_{V_i} = \frac{V_{in_r}}{V_{in_1}} = A_{V_i} = \frac{-h_{fe} R_C}{h_{ie_e}} = \frac{-100 \times 10k}{104k} = -2.71$$

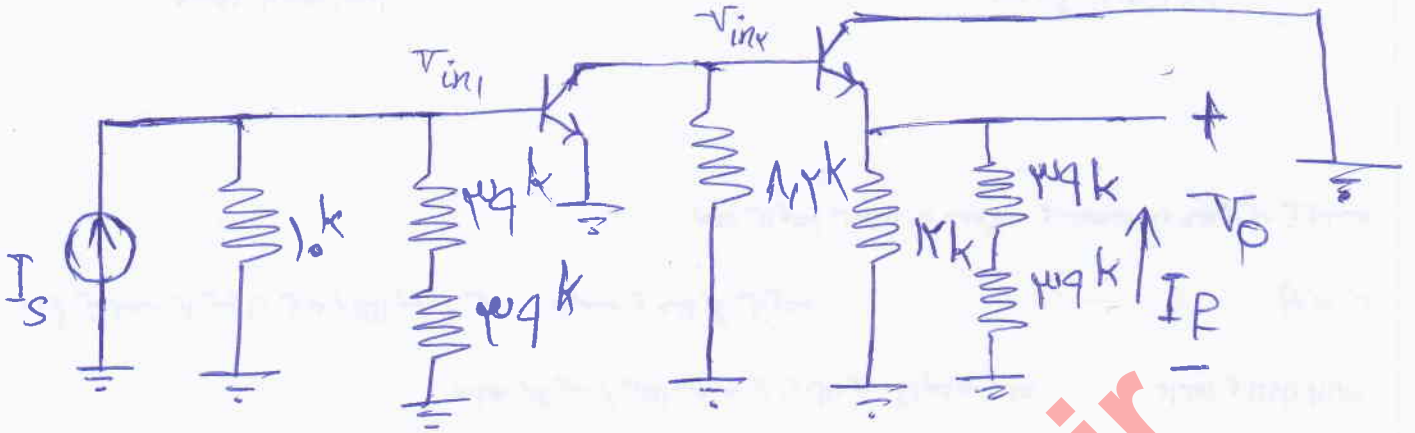
$$R_C = 10k \parallel (10k + 101 \times 9.2k) = 10k$$

$$\frac{V_{in_1}}{V_s} = \frac{V_s \times (10k \parallel R_{E_1})}{[10 + (10k \parallel R_{E_1})] V_s} = \frac{11V}{61V} = 0.18$$

$$R_{in} = 10k \parallel R_{E_1} = 2.71k$$

ب) در نبود خازن : ولتاژ معادلی :

معادله AC :



$$\beta = \frac{I_P}{V_O} = \frac{I_P}{-V_{in}} = -\frac{1}{V_{in}}$$

$$A = \frac{V_O}{I_S} = \frac{V_O}{V_{in}} \times \frac{V_{in}}{I_S} = \frac{V_O}{V_{in}} \times \frac{V_{in}}{I_S}$$

نسبت ولتاژ : $A_{V_1} = \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{(h_{fe} + 1) R_E}{h_{ie} + (h_{fe} + 1) R_E} =$

$$101 (10,1 \mu)$$

$$\frac{101 (10,1 \mu)}{10k + (101) (10,1 \mu)} = 0,49V$$

نسبت ولتاژ : $A_{V_2} = \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{-h_{fe} R_C}{h_{ie} + (h_{fe} + 1) R_E}$

$$\frac{V_{in}}{V_{in}} = A_{V_2} = \frac{-h_{fe} R_C}{h_{ie}} = -100 \frac{10k}{10k} = -100$$

$$= -100 \frac{10k}{10k + (1 + h_{fe}) \times 10,1 \mu} = -2V$$

$$\frac{V_{in}}{I_S} = \frac{V_{in}}{\frac{V_{in}}{10} + \frac{V_{in}}{10} + \frac{V_{in}}{h_{ie}}} = 2,2 \mu$$

$$A_{V_{\phi}} = 0,49V \times (-2V) \times 2,2 \mu$$

$$A_{V_{\phi}} = 90 \mu$$

$$A_{v\beta} = -9.9 \quad \text{دوطبقه}$$

$$A_{\beta} = \frac{v_o}{I_s} = \frac{A}{1+BA} = \frac{-9.9}{1 + \left(-\frac{1}{10} \times (-9.9)\right)} \approx \boxed{-49} \quad \text{لین فیدبک}$$

$$R_i = 10 \parallel h_{ie} \parallel 10^k = \boxed{2.24k}$$

$$R_{i\beta} = \frac{v_i}{i_s} = \frac{R_i}{1+BA} = \frac{2.24k}{11.9} \approx 188\Omega$$

$$\frac{1}{R_{in}} + \frac{1}{R_s} = \frac{1}{R_{i\beta}} \rightarrow R_{in} = 262\Omega \quad \text{مقاومت ورودی}$$

مقاومت خروجی (مقاومت خروجی طبقه مشترک) (طبقه اول)

$$R_o = \frac{h_{ie} + R_s}{h_{fe} + 1} = \frac{2k + 10k}{101} = 111\Omega$$

$$R_o' = 10 \parallel 111 \parallel 10^k = 110\Omega$$

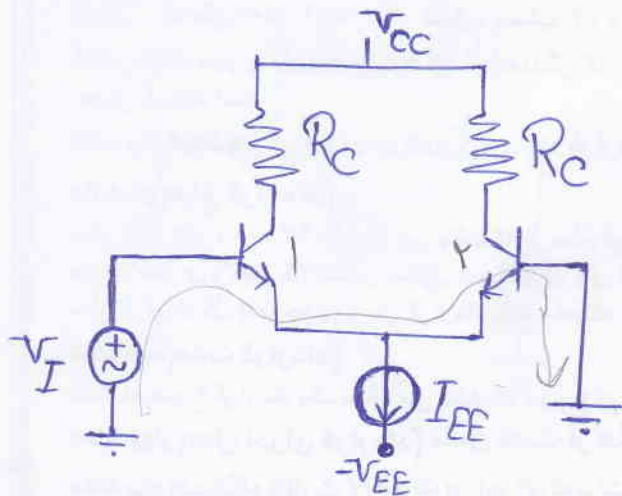
$$R_{o\beta} = \frac{R_o'}{1+BA} = \frac{110}{11.9} = 9.2\Omega$$

$$A_{v\beta} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{R_s \times I_s} = \frac{A_{\beta}}{R_s} = \frac{-49}{10k} = -4.9$$

trick
cila

- مسأله فصل (A) - تقویت کننده های تفاضلی -

1- تقویت کننده های مسدود کننده در نظر بگیرید با فرض $V_{CC} = 9V$ ، $I_{EE} = 1mA$ ، $V_I = -1V$ ، $R_C = 10k\Omega$ ، $\alpha = 0.98$ ، و جریان های عبوری را تعیین کنید.



$$KVL: -V_I + V_{BE1} - V_{BE2} = 0 \rightarrow$$

$$+1 + V_{BE1} - V_{BE2} = 0$$

$$V_{BE1} - V_{BE2} = -1$$

از طرف دیگر داریم:

$$I_{E2} = I_S e^{\frac{V_{BE2}}{V_T}}, \quad I_{E1} = I_S e^{\frac{V_{BE1}}{V_T}}$$

$$\frac{I_{E1}}{I_{E2}} = e^{\frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{V_T}} = e^{\frac{-1000}{29}}$$

$$I_{E2} = I_{E1} e^{\frac{1000}{29}} \rightarrow I_{E2} + I_{E1} = I_{EE}$$

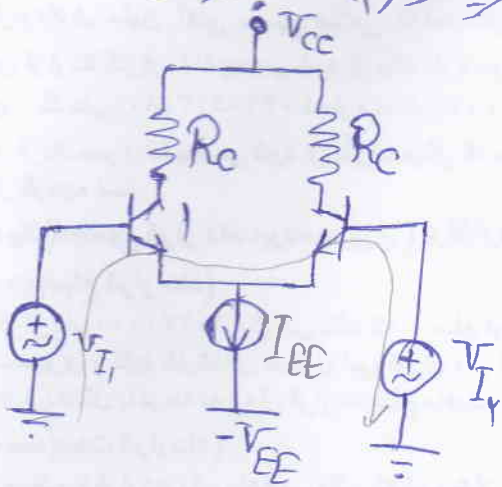
$$I_{E1} (1 + e^{\frac{1000}{29}}) = 1 \rightarrow I_{E1} = 1.98 \times 10^{-11} mA \approx 0$$

$$I_{E2} = I_{EE} - I_{E1} = 1 mA - 1.98 \times 10^{-11} \approx 1 mA$$

$$I_{C2} = \alpha \times I_{E2} = 0.98 \times 1 = 0.98 mA, \quad I_{C1} = \alpha I_{E1} \approx 0$$

۲- در صورت کشیده شدن سلفی و ولتاژ تقاطع $V_I = V_{I_1} - V_{I_2}$ رابطه
 حساب کنید. ۹۰ درصد جریان I_{EE} از ترانزیستور Q_1 عبور کند.

- با توجه به صورت مسئله داریم:



$$I_{E_1} = 0.9 I_{EE} \rightarrow$$

$$I_{E_2} = 0.1 I_{EE}$$

$$\rightarrow \frac{I_{E_1}}{I_{E_2}} = 9$$

- با جایگزینی I_{E_1} و I_{E_2} داریم:

$$\frac{I_S e^{\frac{V_{BE_1}}{V_T}}}{I_S e^{\frac{V_{BE_2}}{V_T}}} = 9 \rightarrow e^{\frac{V_{BE_1} - V_{BE_2}}{V_T}} = 9$$

در مسدود کردن در حلقه کولمب: $-V_{I_1} + V_{BE_1} - V_{BE_2} + V_{I_2} = 0 \rightarrow$

$$V_{BE_1} - V_{BE_2} = V_{I_1} - V_{I_2}$$

جایگزینی در معادله بالا:

$$e^{\frac{V_{I_1} - V_{I_2}}{V_T}} = 9 \rightarrow \frac{V_{I_1} - V_{I_2}}{V_T} = \ln 9 \rightarrow$$

$$V_{I_1} - V_{I_2} = 2.2 V_T \rightarrow \boxed{V_{I_1} - V_{I_2} \approx 20 \text{ mV}}$$