بسم الله الرحمن الرحیم

جزوه کلاسی درس تحلیل مدارهای الکترونیکی

دانشگاه ازاد اسلامی واحد تهران جنوب

استاد دکترفاطمه سمایی فر

نیمسال اول سال تحصیلی 95–94

باتشکر از اقای علی محمدی

تهیه کننده :محسن درویش کسا

شماره دانشجویی9212912871

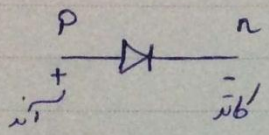
Subject:
Year. Month. Date. ( )

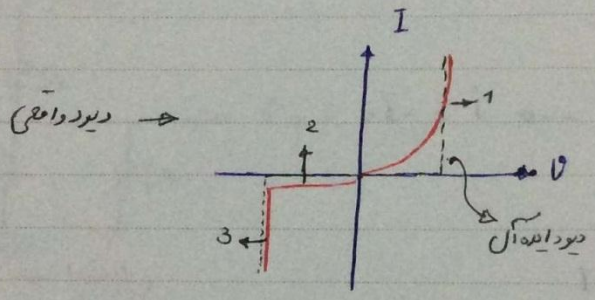
جلسه اول 94,7,4

تحلیل مدارهای الکترونیکی

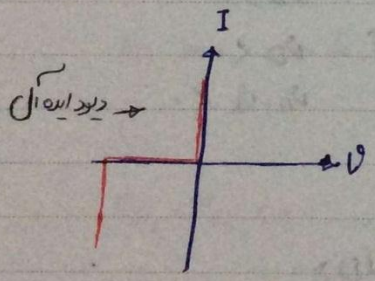
کوئیز 6 نمره
پایان ترم 14 نمره
حضور غیاب 2 نمره تشویقی
سؤالات امتیازی

دیود :





1 - بایاس مستقیم $v_{کاتد} < v_{آند}$
2 - بایاس معکوس $v_{کاتد} > v_{آند}$
3 - شکست



① بایاس مستقیم $\rightarrow i_D = I_0 \left(e^{\frac{v_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$

$1 \leq \eta \leq 2$ ضریب ایده آل بودن

* حامل های اقلیت I_0 را بوجود می آورند پس I_0 ثابت است.

I_0 جریان اشباع معکوس $\simeq 10^{-15}\ A$

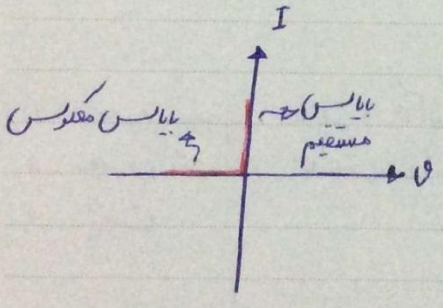
$\vartheta_T = k\frac{I}{q} = 26\ mv$

k = Boltzman Constant $= 1.38 \times 10^{-23}\ J/K$

$q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

$T \rightarrow$ Temp

② بایاس معکوس $\rightarrow i = -I_0$



بررسی مشخصه دیود ایدئال

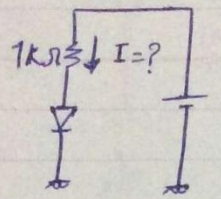
$\begin{cases} ON: I_D > 0 \\ off: \vartheta_D < 0 \\ \quad \vartheta_A - \vartheta_K < 0 \end{cases}$

$\begin{cases} ON: \text{—} & I_D > 0 \\ off: \text{—/—} & \vartheta_A - \vartheta_K < 0 \end{cases}$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year Month Date ( )

مثال)

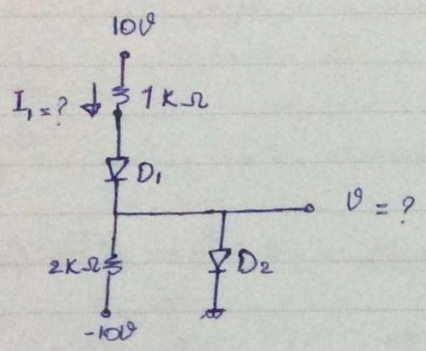


با توجه به اینکه دیود on می باشد

$$I = \frac{10V}{1k} = 10mA > 0$$

فرض درست

مثال)



D_1 = ON , D_2 : off فرض

$I_{D_1} > 0 \rightarrow I_1 = \frac{10+10}{3} = 6.66 > 0$ فرض درست

$V_{A_2} - V_{K_2} < 0$ $\quad \frac{V-10}{1} + \frac{V+10}{2} = 0$

$V = \frac{10}{3} = 3.33$ $\quad V_{A_2} - V_{K_2} > 0$ فرض غلط ×

$3.33 \quad 0$

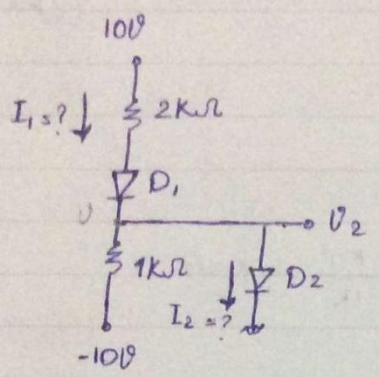
$I_{D_1} = I_{D_2} = I = \frac{10}{1k} = 10mA > 0$ فرض درست

$V = 0$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year Month Date ( )

مثال)



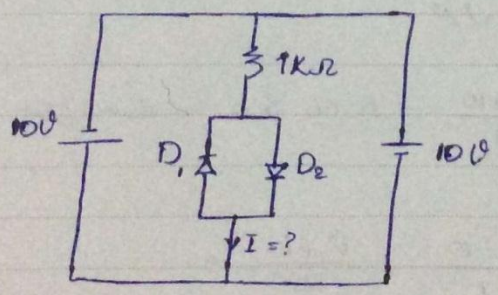
D_1 : on
D_2 : off

$I_{D_1} = \frac{10+10}{3} = \frac{20}{3} = 6.66\ A > 0$ فرض درست

$\frac{V-10}{2} + \frac{V+10}{1} = 0 \rightarrow 2V + 20 + V + 10 = 0 \rightarrow V = \frac{-10}{3} = -3.33$

$V_A - V_K = -3.33 < 0$ فرض درست

تمرین :



سؤال 1 فصل 3 جزوه ← کوئیز

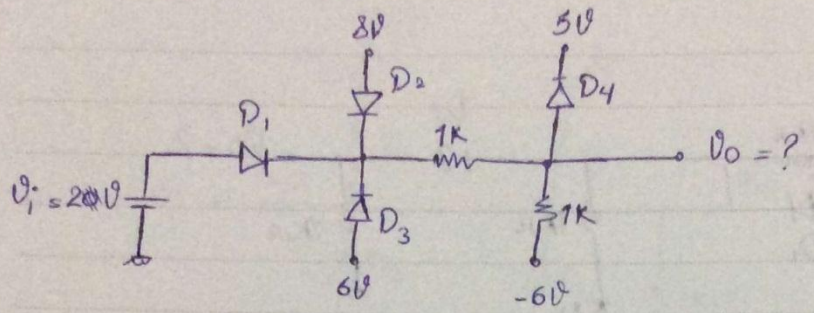
PAPCO

مبانی الکترونیک هیرخشقی

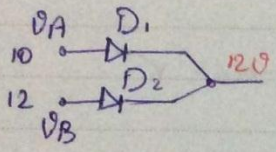
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year Month Date ( )

جلسه دوم 94.7.11



نکته: هرگاه چند دیود داشته باشیم که سر کاتد آن ها به هم وصل باشد و سر آنُد متصاوت باشد،



دیودی که سطح ولتاژ آنُد بیشتری داشته باشد روشن می‌شود.

D_1 : off
D_2 : on
D_3 : off
فرض D_4 : off

$\frac{V_o+6}{1} + \frac{V_o-8}{1} \Rightarrow 2V_o = 2$

$\Rightarrow V_o = \boxed{7V}$

$\Rightarrow V_A - V_K = 1 - 5 = -4$

$\Rightarrow -4 \rightarrow$ فرض درست است

$V_i = 18V$

D_4 : off فرض

$\frac{V_o+6}{1} + \frac{V_o-18}{1} = 0 \rightarrow 6 - 18 + 2V_o = 0$

$\boxed{V_o = 6V}$

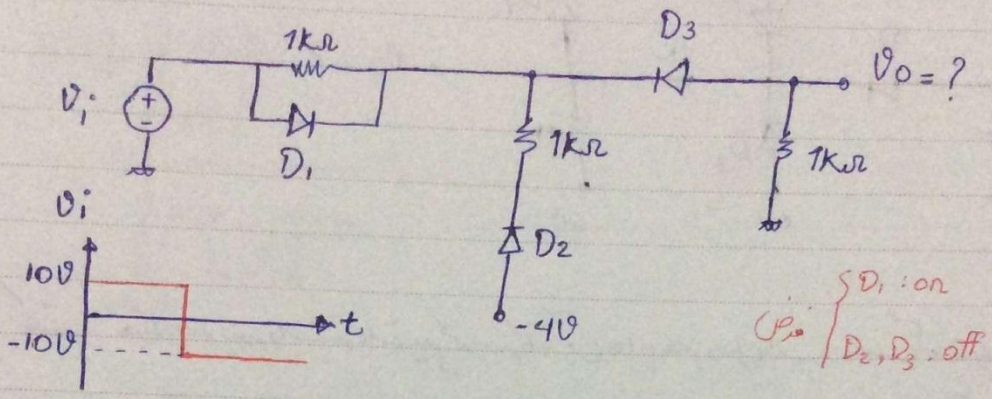
$V_A - V_K = 6 - 5 = 1 \rightarrow$ فرض غلط

$\boxed{V_o = 5V}$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year . Month . Date . ( )



V_i : D_1 : on ; D_2, D_3 : off

$V_{A_2} - V_{K_2} < 0 \rightarrow -4 - 10 < 0 \rightarrow -14 < 0$ ✓

$V_{A_3} - V_{K_3} < 0 \rightarrow 0 - 10 < 0 \rightarrow -10 < 0$ ✓

$I_{D_1} = 0$ ← بایاس معکوس → D_1 : off $\qquad I_{D_1} = 0 + 0$

$V_o = 0V$

V_i : D_1 : off ; D_2 : ON ; D_3 : ON

$V_{D_1} = V_{A_1} - V_{A_2} = -10 + 4.66 = -5.34$ ✓

$$V_{K_1} = \frac{V_o + 4}{1} + \frac{V_o}{1} + \frac{V_o + 10}{1} = 0$$

$$3V_o = -14 \rightarrow V_o = -4.66$$

$$I_{D_2} = \frac{-4 + 4.66}{1} = 0.66mA$$ ✓

$$I_{D_3} = \frac{0 + 4.66}{1} = 4.66mA$$ ✓

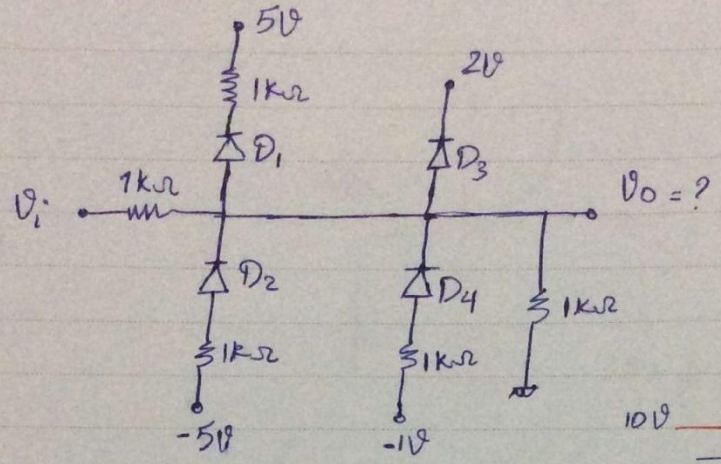
RAPCO

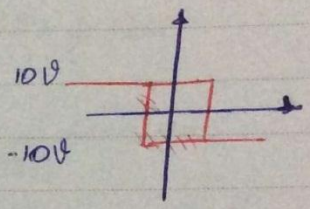
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year . Month . Date . ( )

تمرین :





سئوال ۴ نقاب میرعشقی

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

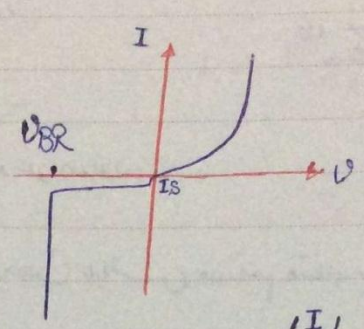
2103

Subject:

Year. Month. Date. ( )

جلسه سوم 94,7,18

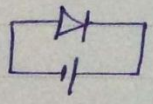
دیود زنر:



$|I| \geq |I_S|$

شکست: در حالت مکوس، اگر ولتاژ اعمال شده به دیود از یک حد مشخص بگذرد، جریان مکوس دیود به طور ناگهانی شروع به افزایش می کند. پدیده ای که در این حالت رخ می دهد را پدیده شکست می نامند.

شکست دیود می تواند حاصل از شکست بهمنی یا زنری باشد.



انواع شکست

بهمنی (Avalance effect)

شتاب حامل آزاد $\rightarrow e\uparrow \rightarrow I\uparrow$

* برگشت ناپذیر
* در ولتاژهای بالا اتفاق می افتد

زنری (Zener effect)

$E\uparrow \rightarrow e\uparrow \rightarrow I\uparrow$ ← برگشت پذیر (میدان داخلی دیود)

زنری در ولتاژهای کم اتفاق می افتد.

دیود زنر: دیودهایی که در منطقه شکست از آن ها استفاده می شود به نام دیودهای زنر شناخته می شود و دارای کاربردهای متنوعی از جمله یک ولتاژ ثابت (مرجع ولتاژ) می باشند.

- جهت دیود به صورت مکوس بایاس می شود که آن به قطب مثبت منبع ولتاژ و آند آن

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$V_Z = 3.2$ I_Z

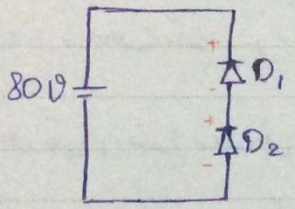
$V_Z = 3.5$ I_Z

به قطب منفی منبع ولتاژ وصل می‌شود.

در این صورت حفره‌ها از کاتد به آند خواهند بود.

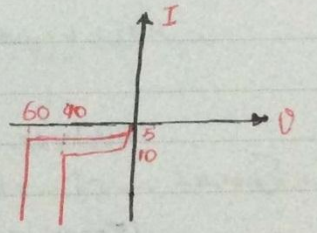
قابل توجه است که مشخصه دیود زنر در حالت بایاس مستقیم همانند به دیودهای معمولی است.

مثال 1)



$D_1 (V_{BR_1} = 60V, I_{S_1} = 5\mu A)$

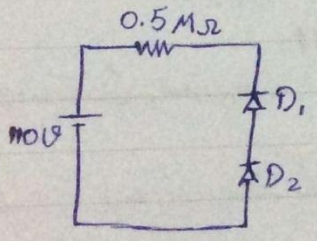
$D_2 (V_{BR_2} = 40V, I_{S_2} = 10\mu A)$



D_1 تقریباً شکست خواهد شد.

$V_{D_1} = 60V$ $V_{D_2} = 20V$

مثال 2)



$D_1 (V_{BR_1} = 40V, I_{S_1} = 10\mu A)$

$D_2 (V_{BR_2} = 60V, I_{S_2} = 10\mu A)$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year . Month . Date . ( )

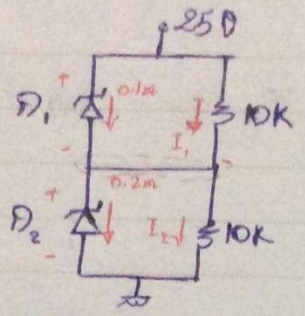
$$\text{مثال} \begin{cases} D_1 : V_{BR} = 40V \checkmark \\ D_2 : V_{BR} = 60V \checkmark \end{cases} \qquad I = \frac{110 - 100}{0.5} = 20\mu A$$

مثال جدید : به جای مقاومت 0.5 مقاومت 2MΩ قرار دهیم. (تمرین)

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثال (1



$V_{Z_1} = V_{Z_2} = 32V$

$I_{S_1} = 100\mu A \quad I_{S_2} = 200\mu A$

$V_{D_1} = ? \quad V_{D_2} = ?$

$$-25 + 10I_1 + 10I_2 = 0$$
$$-0.1 - I_1 + I_2 + 0.2 = 0$$

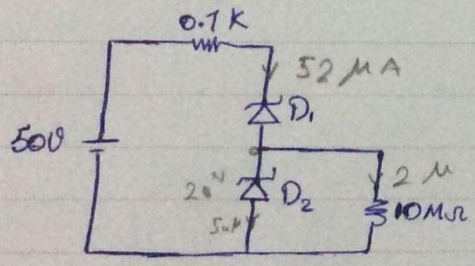
$$\begin{cases} -I_1 + I_2 = -0.1 \\ -10I_1 + 10I_2 = 25 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = 1.3mA \\ I_2 = 1.2mA \end{cases}$$

$V_{D_2} = I_2 \times 10 = 12V$

$V_{D_1} = I_1 \times 10 = 13V$

مثال (تمرین

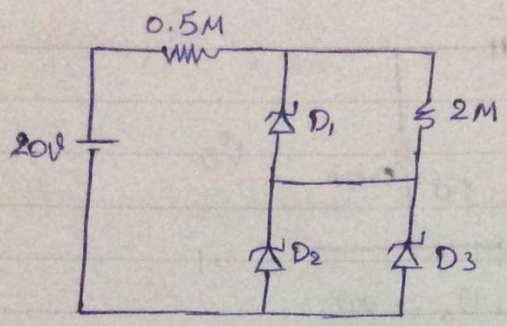


D_1 ($V_{D_1}^{\approx} = 40V$, $I_S = 10\mu A$)

D_2 ($V_{D_2}^{\approx} = 20V$, $I_{S_2} = 50\mu A$)

(تمرین

Subject :
Year Month Date ( )

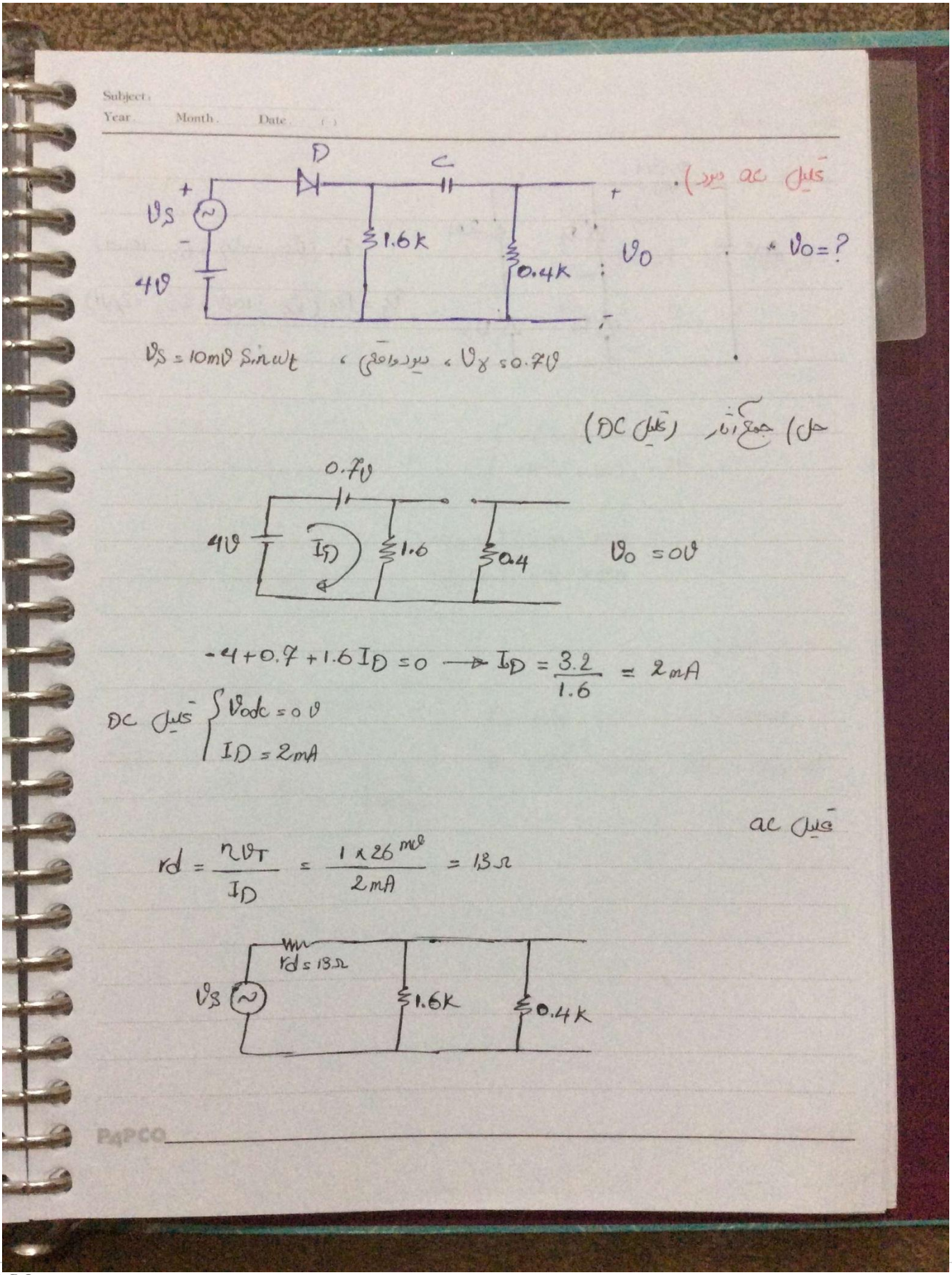


تمرین)

D_1 ($V_{Z_1} = 15V$, $I_{S_1} = 10\mu A$)

$D_3 = D_2$ ($V_Z = 10V$, $I_{S_2} = 2\mu A$)

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year Month . Date . ( )

$$\frac{V_o - V_s}{0.013} + \frac{V_o}{1.6} + \frac{V_o}{0.4} = 0 \qquad V_{oac} = 9.8 \sin \omega t$$

$$V_{oT} = V_{odc} + V_{oac} = 9.8 \sin \omega t + 0$$

تحلیل مدارهای شامل منابع سینوسی کوچک

۱- تحلیل DC ← ۱- خازن مدار باز
2- منابع ac صفر
8- دیود منبع ولتاژ
← خروجی درست آورید. I_D

2- تحلیل ac ← ۱- خازن اتصال کوتاه
2- منابع DC صفر
3- دیود به مقاومت دینامیکی هم مقدار $r = \frac{2V_T}{I_D}$
خروجی درست آورید

فصل 2 ← 19 ، 13

فصل 3 ← 13 ، 12 : در این دو سؤال V_D را 0.5 V فرض کنید.

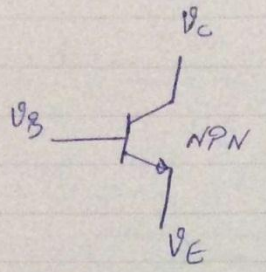
خروجی تحلیل

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

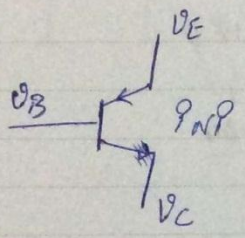
Subject:
Year Month Date

جلسه چهارم 94,7,25

مدارهای ترانزیستوری BJT

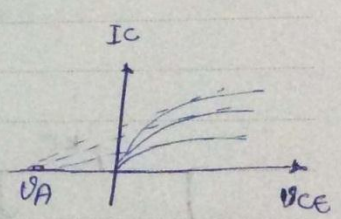


$V_{CE} > V_{CE(sat)}$
معمولا 0.2



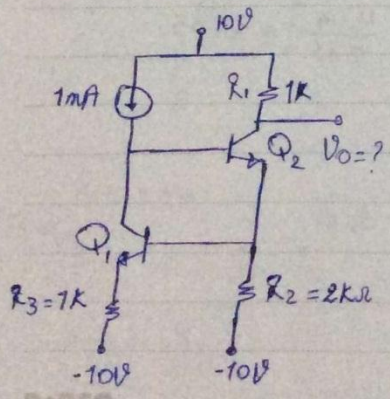
$V_E - V_C > V_{CE(sat)}$
0.2

معمولا $\Rightarrow I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A}\right)$



ترمش $\xrightarrow{\ln}$ $V_{BE} = V_T \ln \frac{I_C}{I_S} \rightarrow V_{BE} = 60^{mV} \log \frac{I_C}{I_S}$

مثال) بیس بایاس، $V_A \rightarrow \infty$، ترانزیستورها مشابه، $I_S = 10^{-11}$ mA . $V_{o,dc} = ?$



$V_{o,dc} = ?$ $V_{CE(sat)} = 0.2V$

$V_{o,min} = ?$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

* هروقت min یا max خواسته شده بیای اشباع ترانزیستور را درنظر میگیریم.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$V_{BE_1} + R_3 \times 1 = R_2 I_{C_2}$$

$$60\,mV \log \frac{1mA}{10^{-11}mA} + 1 = 2 I_{C_2}$$

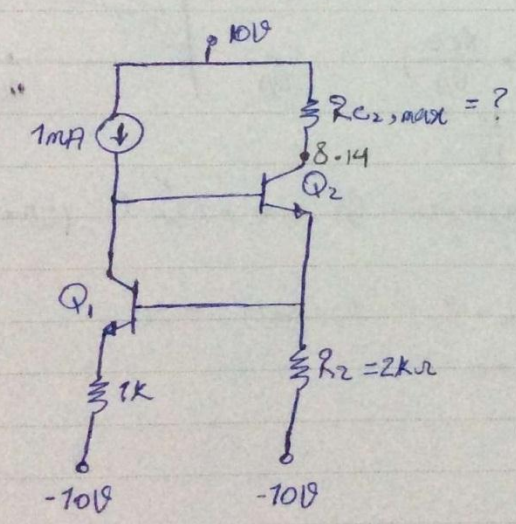
$$2 I_{C_2} = 0.66^{V} + 1 = 1.66$$

$$I_{C_2} = 0.83\,mA$$

$$V_{o,dc} = 10 - R_1 I_{C_2} = 10 - 1 \times 0.83 = 9.17\,V$$

$$V_{o,min} = -10 + R_3 \times I_{C_1} + 0.66 + 0.2 = -8.34$$

(R_3: 1kΩ, I_{C_1}: 1mA)



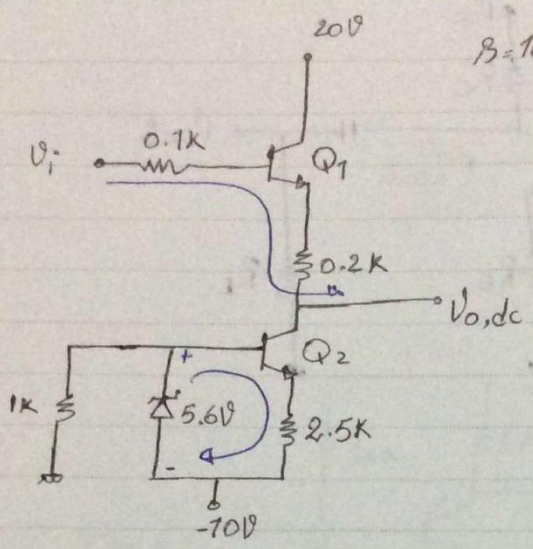
$$R_{C_2} I_{C_2} = 10 + 8.14$$

$$R_{C_2} = \frac{18.14}{0.83} = 21.85$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year Month Date

$\beta = 100 \quad V_o = 0 \quad V_i = ? \quad V_{BE} = 0.6$



$$-V_\ell + V_{BE_2} + V_{R_3} = 0$$

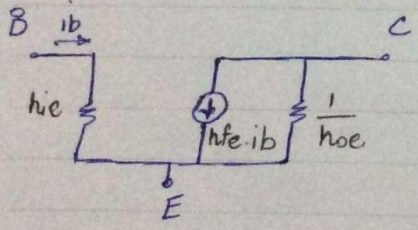
$$5.6 + 0.6 + V_{R_3} = 0$$

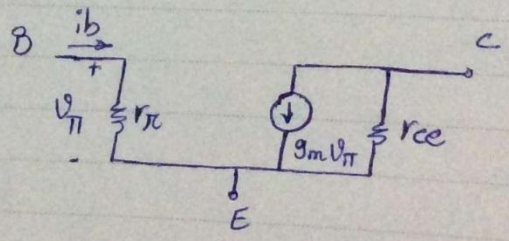
$$V_{R_3} = 5V$$

$$+V_i - (0.1^{K} \times 0.02^{mA}) - (0.2^{K} \times 2^{mA}) - 0.6 = 0$$

$$V_i = 0.002 + 0.4 + 0.6 = 1.002 \simeq 1V$$

ترانزیستور NPN ، PNP :





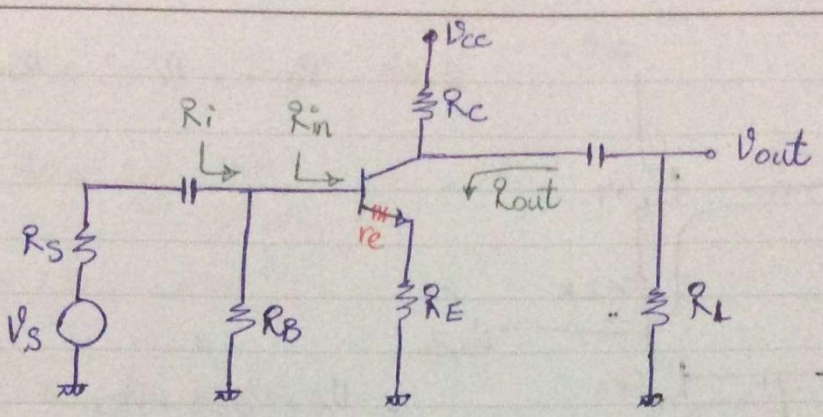
$h_{ie} = r_\pi$

$\beta \cdot i_b = h_{fe} \cdot i_b = g_m V_\pi = g_m r_\pi \cdot i_b \Rightarrow \beta = g_m r_\pi$

$$r_{ce} = \frac{1}{h_{oe}} = \frac{V_A}{I_C}$$

$$\frac{h_{ie}}{1+\beta} = h_{ie} = r_e \qquad r_e = \frac{1}{g_m}$$

$$r_e = \frac{h_{ie}}{\beta} = \frac{V_T}{I_C} \qquad r_\pi = \beta r_e$$



$$R_{in} = (R_E + r_e)(1+\beta)$$

$$R_i = R_{in} \parallel R_B$$

$$A_V = \frac{-R_L'}{r_e + R_E}$$

اگر وجود داشته باشد

$$R_L' = R_C \parallel R_L \parallel R_{out}$$

$$R_o = r_{ce}[1 + g_m(r_\pi \parallel r_e)]$$ ← اگر r_{ce} وجود داشته باشد

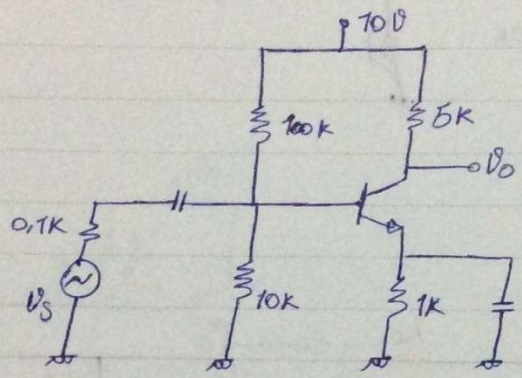
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

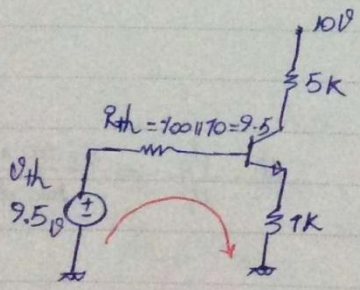
جلسه چهارم 94,8,9

ترانزیستور
- منابع جریان
- تقویت کننده
  - چند طبقه
  - تفاضلی

: CE



1- تحلیل DC ← هدف بایس کردن IC



KVL در حلقه ورودی:

$$-9.5 + 9.5I_B + V_{BE} + I_C = 0$$

$$I_C = \beta I_B$$

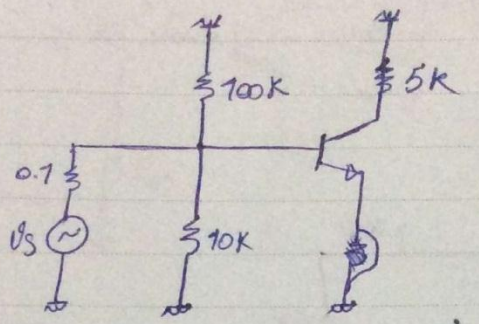
$$I_C = \frac{\beta}{1.65}\ mA$$

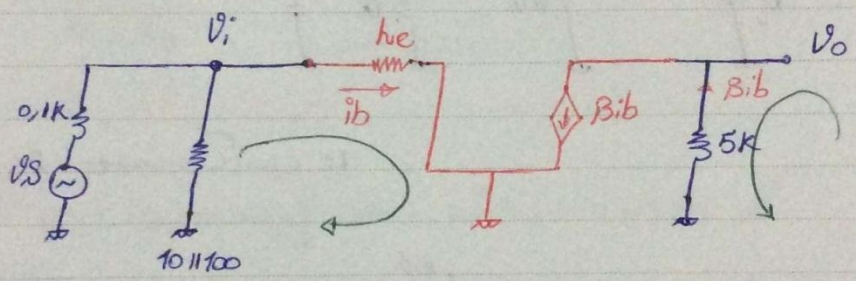
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year Month . Date . ( )

$$h_{ie} = \frac{\beta V_t}{I_C} = \frac{100 \times 25mV}{1.6mA}$$

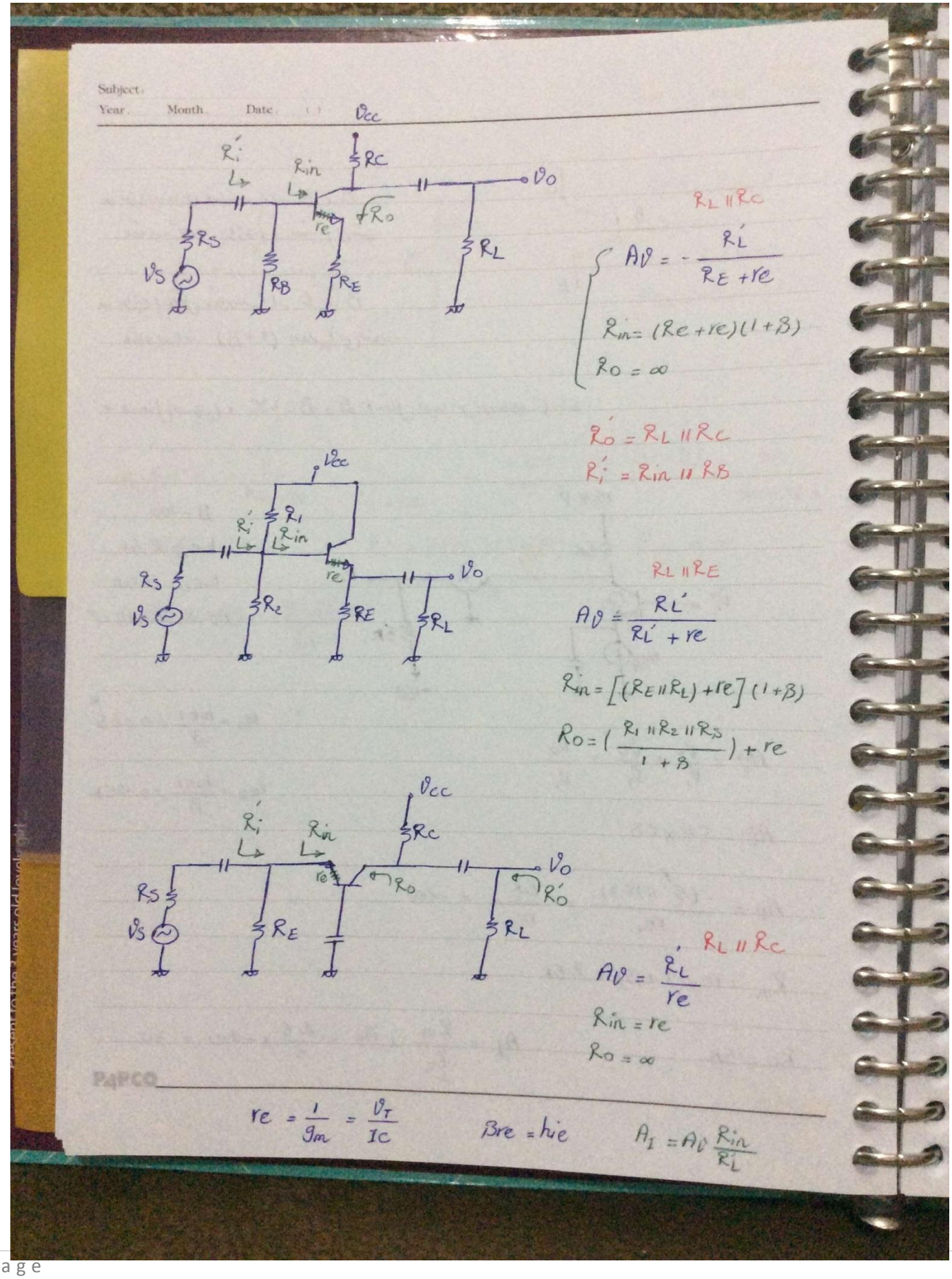




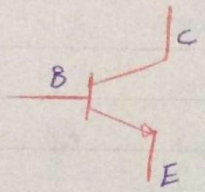
$$\text{حلقه ورودی} : -V_i + h_{ie} i_b = 0$$

$$\text{حلقه خروجی} : -V_o + 5 \times \beta i_b = 0$$

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5 \times 100 \times i_b}{h_{ie} i_b} = \frac{500}{h_{ie}}$$



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

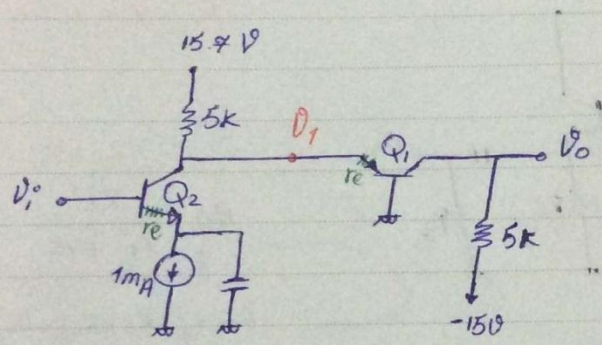


* برای انتقال مقاومت از B به E
مقاومت به $(1+\beta)$ تقسیم می‌شود.

* برای انتقال مقاومت از E به B
مقاومت در $(1+\beta)$ ضرب می‌شود.

* در مدل تقریبی، C با B و E انتقال امپدانس (مقاومت) ندارد.

مثال)



$\beta = 100$

$hie_1 = 2.5k$

$hie_2 = 12.5k$

$A_V, R_i, R_o, A_I = ?$

$$re_1 = \frac{hie_1}{\beta} = 0.025^{k}$$

$$re_2 = \frac{hie_2}{\beta} = 0.125k$$

$$A_V = \frac{V_1}{V_i} \times \frac{V_o}{V_1} = \frac{V_o}{V_i}$$

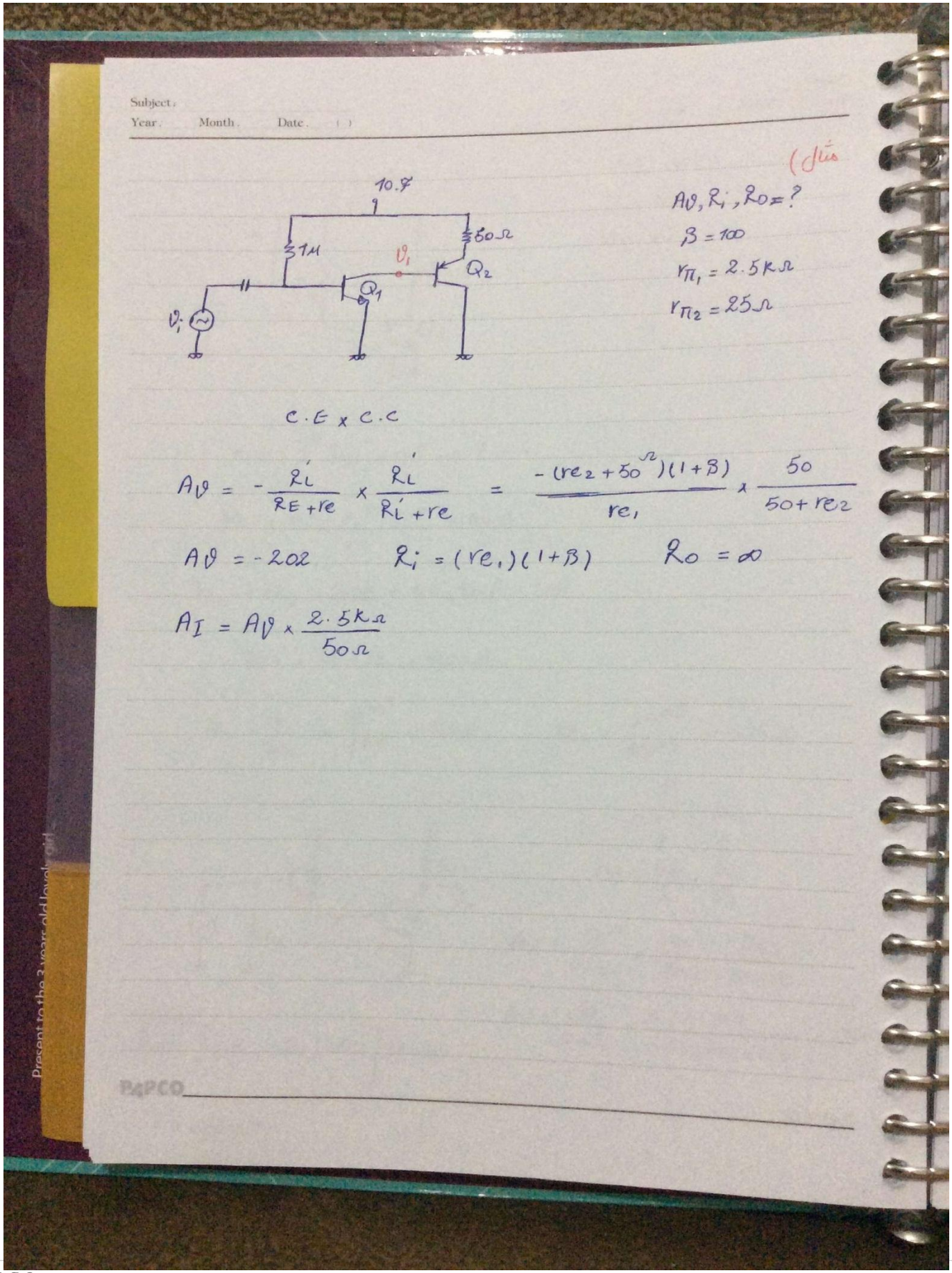
$$A_V = CE \times CB$$

$$A_V = \frac{-(5^{k} \parallel re_2)}{re_1} \times \frac{5k}{re_2} = -200$$

$$R_{in} = re_1(1+\beta) = 2.5k$$

$$R_o = 5k$$

$$A_I = \frac{R_{in}}{R_L} \times A_V = \frac{2.5}{5} \times -200 = -100$$



$A_v, R_i, R_o = ?$

$\beta = 100$

$r_{\pi_1} = 2.5K\Omega$

$r_{\pi_2} = 25\Omega$

C.E × C.C

$$A_v = -\frac{R_L'}{R_E + re} \times \frac{R_L'}{R_L' + re} = \frac{-(re_2 + 50^{\Omega})(1+\beta)}{re_1} \times \frac{50}{50 + re_2}$$

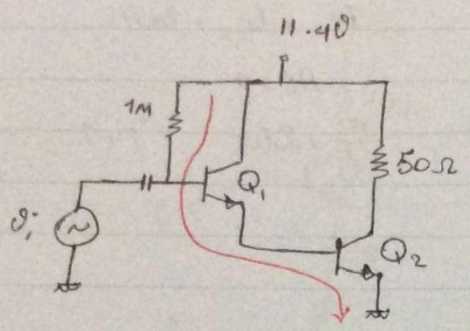
$A_v = -202$ $\quad R_i = (re_1)(1+\beta)$ $\quad R_o = \infty$

$$A_I = A_v \times \frac{2.5K\Omega}{50\Omega}$$

Present to the 3 years old Level

Subject:
Year Month Date ( )

94, 8, 16 جلسه شستم



$V_{BE} = 0.7V$

$\beta = 100$

$A_V = ?$

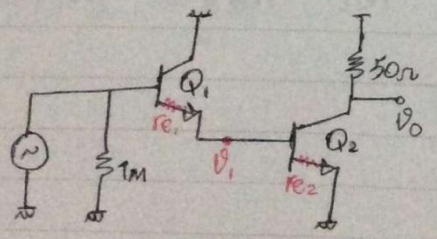
$$-11.4 + 1^{M} I_{B_1} + 0.7 + 0.7 = 0$$

$$I_{B_1} = \frac{11.4 - 0.7 - 0.7}{1^{M}} = 10\mu A$$

$$I_{B_2} = I_{C_1} = \beta I_B = 100 \times 10\mu A = 1mA$$

$$I_{C_2} = 100 \times I_{C_1} = 100mA$$

$$re_1 = \frac{V_T}{I_{C_1}} = \frac{25^{mV}}{1\,mA} = 25\Omega \qquad re_2 = \frac{25^{mV}}{100mA} = 0.25\Omega$$



C.E C.C

$$A_V = \frac{v_o}{v_i} \times \frac{v_i}{v_s}$$

$$A_V = \frac{-50^{\Omega}}{0.25\Omega} \times \frac{re_2(1+\beta)}{re_2(1+\beta) + re_1}$$

$$A_V = \frac{-50}{0.25} \times \frac{0.25(100)}{0.25(100) + 25} = -100$$

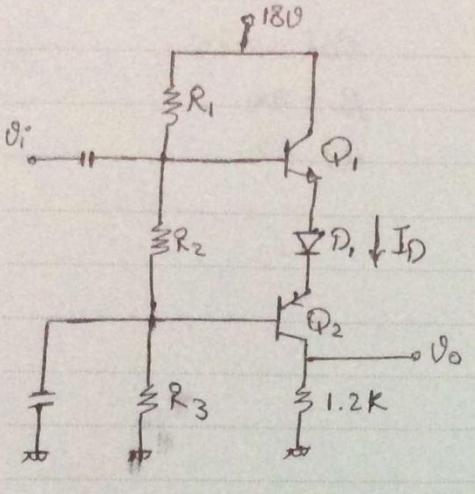
$$R_{in} = \left[[re_2(1+\beta)] + re_1\right](1+\beta)$$

$$R_o = 50\Omega$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:

Year Month Date ( )

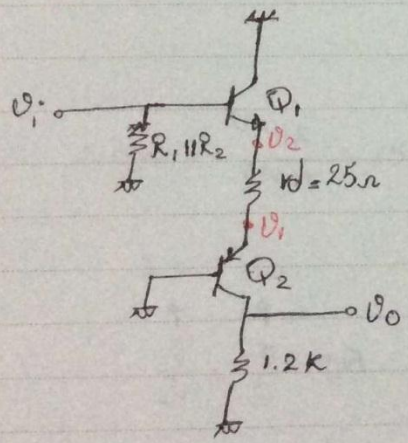


$I_{C_1} = I_{C_2} = 1mA$

$A_V = ?$

$V_T = 25m \qquad \eta = 1$

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} \qquad r_d = \frac{25m}{1m} = 25\Omega \qquad re_1 = re_2 = \frac{25^m}{1m} = 25\Omega$$



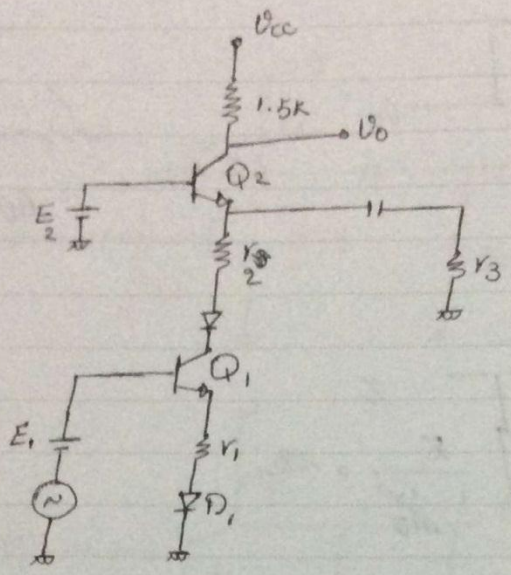
$$A_V = \frac{V_o}{V_i} \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_i}$$

$$= CB \times \text{[illegible]} \times C.C$$

$$A_V = \frac{1.2k}{re_2} \times \frac{re_2}{re_2 + rd} \times \frac{re_2 + rd}{re_2 + rd + re_1}$$

Subject :

Year . Month Date : /



$R_1 = R_2 = R_3 = 25\,\Omega$

$\eta = \eta = 1$

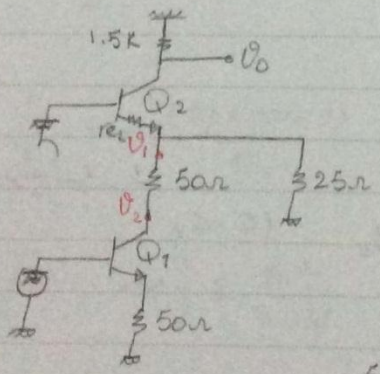
$I_C = 1\,mA$

$r_{CE} \rightarrow \infty$

$A_V = ?$

$$r_d = \frac{25\,mV}{1\,mA} = 25\,\Omega$$

$$re_1 = re_2 = \frac{25}{1} = 25\,\Omega$$



$$A_V = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{re_2 \| 25}{(25 \| re_2) + 50} \times \frac{V_o}{V_1}$$

$A_V = C.E \times \quad \times C.B$

$$A_V = \frac{-50 + 12.5}{50 + 25} \times \frac{12.5}{12.5 + 50} \times \frac{1.5K}{25}$$

$$-\frac{62.5}{75} \times \frac{12.5}{62.5} \times \frac{1500}{25} = -10$$

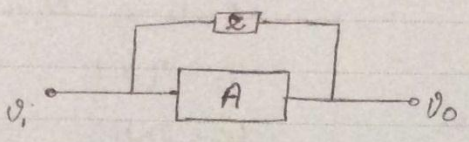
PAPCO

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year . Month . Date . ( )

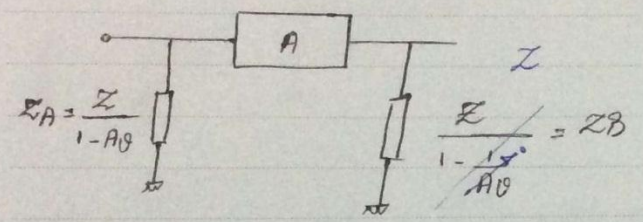
قضیه میلمن :



(C.E)

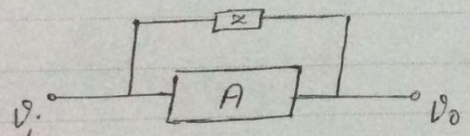
همره منفی و بزرگتر از یک

$A_V > -1$

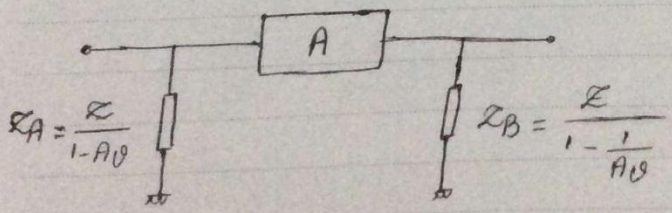


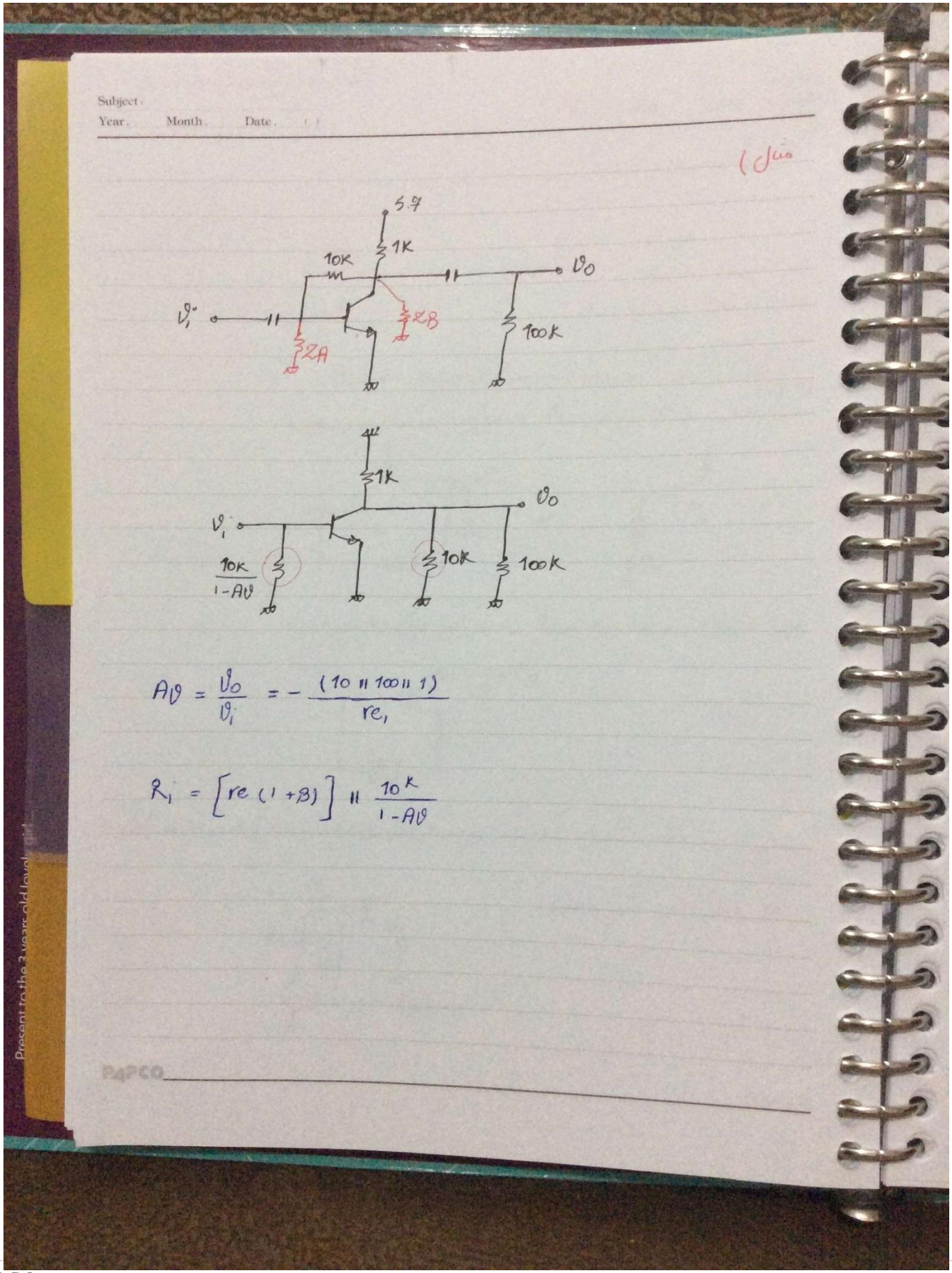
بوت استرپ :

همره مثبت و کوچکتر از ۱



(C.C)




Subject :
Year . Month . Date . ( )
5.7
1K
10K
v_o
v_i
ZB
ZA
100K
1K
v_o
v_i
$\frac{10K}{1-Av}$
10K
100K
$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{(10 \parallel 100 \parallel 1)}{re_1}$
$R_i = [re(1+\beta)] \parallel \frac{10^K}{1-Av}$

کتاب مهندس تقی تیغی جلد دوم

Subject:
Year Month Date ( )

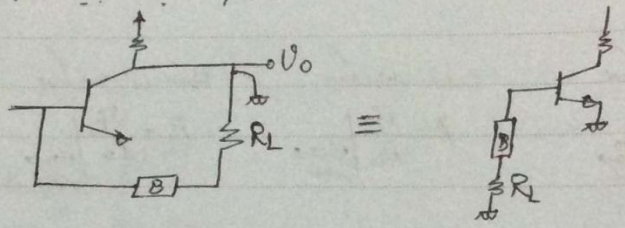
جلسه هفتم 94, 8, 23

تقویت کننده های فیدبک دار :

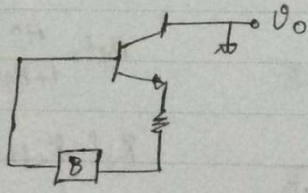
1 - ولتاژ - موازی
2 - ولتاژ - سری
3 - جریان - موازی
4 - جریان - سری

نوع سیگنال نمونه برداری خود ترکیب سیگنال فیدبک با ورودی ← ورودی
خروجی

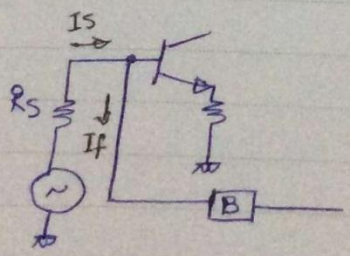
نمونه ولتاژ : هرگاه دوسر v_o را اتصال کنیم فیدبک از بین میرود.



نمونه جریان : هرگاه دوسر v_o را اتصال کنیم فیدبک از بین نرود.



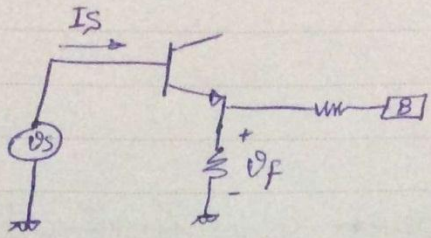
موازی : هرگاه سیگنال فیدبک باید و با جریان ورودی جمع شود موازی است. (هرگاه I_S و I_f با هم یک گره تشکیل دهند)



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year . Month . Date . ( )

سری بودن : هرگاه سیگنال فیدبک با جریان ورودی جمع نشود ، سری است .



فیدبک ولتاژ - سری	فیدبک ولتاژ - موازی	فیدبک جریان - سری	فیدبک جریان - موازی
$\beta = \frac{V_f}{V_o}\Big\|_{\text{ورودی باز}}$	$\beta = \frac{I_f}{V_o}\Big\|_{\text{ورودی صفر}}$	$\beta = \frac{V_f}{I_o}\Big\|_{\text{ورودی باز}}$	$\beta = \frac{I_f}{I_o}\Big\|_{\text{ورودی صفر}}$
$A_V = \frac{V_o}{V_i}$	$A_r = \frac{V_o}{I_i}$	$A_g = \frac{I_o}{V_i}$	$A_I = \frac{I_o}{I_i}$
$A_{Vf} = \frac{A_V}{1+A\beta}$	$A_{rf} = \frac{A_r}{1+A_r\beta}$	$A_{gf} = \frac{A_g}{1+A_g\beta}$	$A_{If} = \frac{A_I}{1+A_I\beta}$
$R_{if} = R_i(1+A\beta)$	$R_{if} = \frac{R_i}{1+A_r\beta}$	$R_{if} = R_i(1+A_g\beta)$	$R_{if} = \frac{R_i}{1+A_I\beta}$
$R_{of} = \frac{R_o}{1+A\beta}$	$R_{of} = \frac{R_o}{1+A_r\beta}$	$R_{of} = R_o(1+A_g\beta)$	$R_{of} = R_o(1+A\beta)$

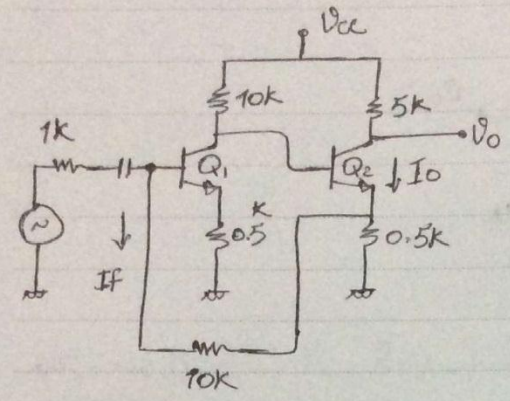
$\beta \gg 0$

$A_{Vf} = \frac{1}{\beta}$

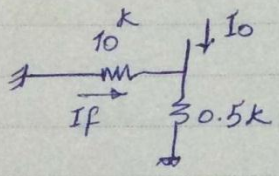
مثال)

$h_{fe} = 100$

$h_{ie} = 1k$



جریان - موازی



$$If = -\frac{0.5}{10+0.5} Io$$

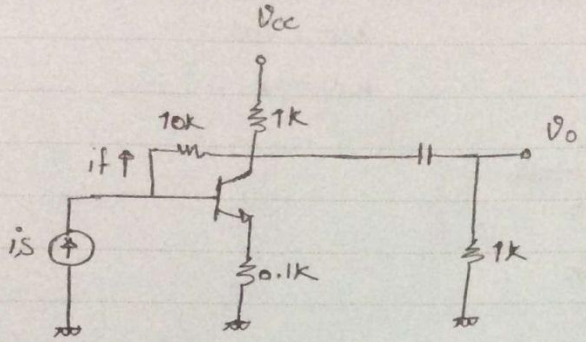
$$\frac{If}{Io} = \frac{-0.5}{10.5}$$

$$\beta = -\frac{1}{21}$$

Present to the 3 years old level girl

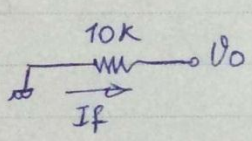
Subject :
Year . Month . Date . ( )

مثال)



ولتاژ - سوازی.

$$\beta = \frac{If}{V_o}\Big|_{\text{سوی کوتاه}}$$



$$V_o = -10\,If$$

$$\beta = \frac{If}{V_o} = -\frac{1}{10}$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year Month Date

مراحل محاسبات مدار فیدبک:

1- تشخیص نوع فیدبک

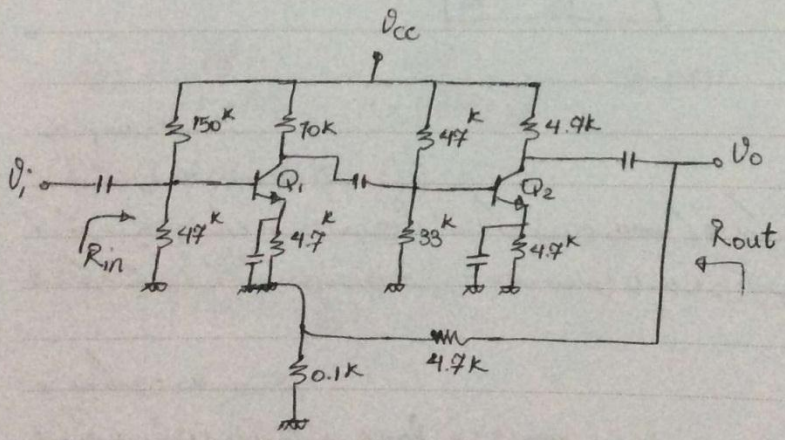
2- محاسبه β

3- بدست آوردن مدار حلقه باز

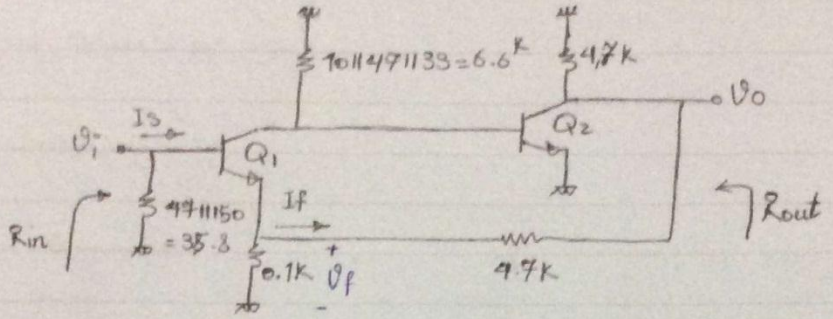
4- محاسبات مشخصات تقویت کننده مدار حلقه باز (A, R_i, R_o)

5- محاسبه مشخصات تقویت کننده با فیدبک (A_f, R_{if}, R_{of})

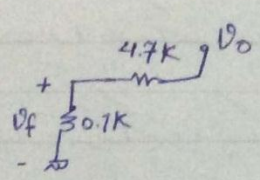
(مثال) $h_{ie} = 1.1k$, $h_{fe} = 100$ $R_{of}, R_{if}, A_{Bf} = ?$



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel



فیدبک ولتاژ - سری



$$\beta = \frac{V_f}{V_o}\Big|_{\text{مدار باز}}$$

$$V_f = \frac{0.1}{0.1+4.7} \times V_o \qquad \boxed{\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{1}{48}}$$

رسم مدار حلقه باز

* پیدا کردن حلقه خروجی

۱ - اگر سیگنال فیدبک با ورودی موازی باشد، سر ورودی را اتصال کوتاه می کنیم.

2 - اگر سیگنال فیدبک با ورودی سری باشد، حلقه ورودی را مدار باز می کنیم.

* پیدا کردن حلقه ورودی

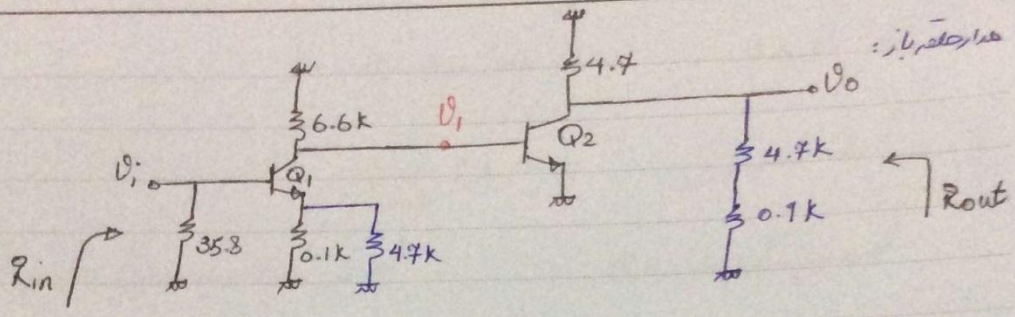
۱ - اگر نمونه گیری از ولتاژ باشد $V_o = 0$ قرار می دهیم.

2 - اگر نمونه گیری از جریان باشد $I_o = 0$ قرار می دهیم.

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year: Month: Date: ( )

مدار حلقه باز:



$$A_V = \frac{V_o}{V_1} \times \frac{V_1}{V_i} = \left(-\frac{4.7 \parallel 4.8}{re_2}\right) \times \left(-\frac{re_2(1+\beta) \parallel 6.6}{98\Omega + re_1}\right) = 1835$$

$A_V = 1835$

$R_{in} = (re_1 + 98^{\Omega})(1+\beta) \parallel 35.8 = 8.4$

$R_{out} = 4.7 \parallel 4.8 = 2.37$

حلقه بسته:

$$A_{Vf} = \frac{A_V}{1 + A\beta} = \frac{1835}{1 + (1835 \times \frac{1}{48})} = 48.0361$$

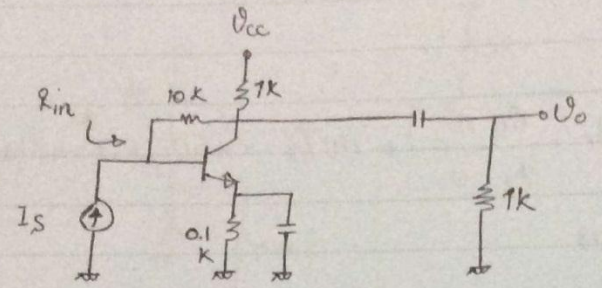
$$R_{if} = 8.4\left(1 + 1835 \times \frac{1}{48}\right) =$$

$$R_{of} = \frac{2.37}{1 + (1835 \times \frac{1}{48})} =$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

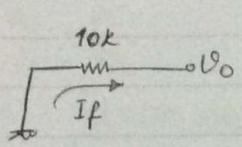
Subject:
Year Month Date ( )

94, 8, 30 سی ام هشتم



$\beta = 100$
$h_{ie} = 1$
$A_f = ?$
$R_f = ?$
$R_{of} = ?$

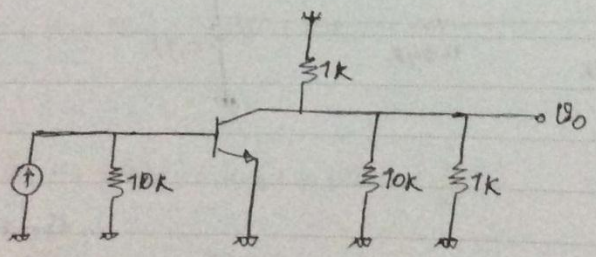
۱- میک ، موازی - موازی



$\beta = \left.\frac{I_f}{V_o}\right|_{\text{ورودی صفر}}$

$V_o = -10 I_f$ -2

$\beta = \frac{I_f}{V_o} = -\frac{1}{10}$



-3

$R_{in} = r_e(1+\beta) \,||\, 10$

$R_o = 0.5k$ -4

$A_V = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{0.5k}{r_e + 0} = -\frac{0.5^{k}}{10^{\Omega}} = -50$

R_{LIo} ↖ ↙ R_{inIi}

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year Month Date ( )

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_L I_o}{R_{in} I_i}$$

$$A_v = \frac{v_o}{R_i I_i} \longrightarrow A_r = \frac{v_o}{I_i} \longrightarrow A_v R_i = -50 \times 0.9^{k} = -45 \frac{m\Omega}{1}$$

$$A_{rf} = \frac{A_r}{1 + A_r \beta} = -8.13$$

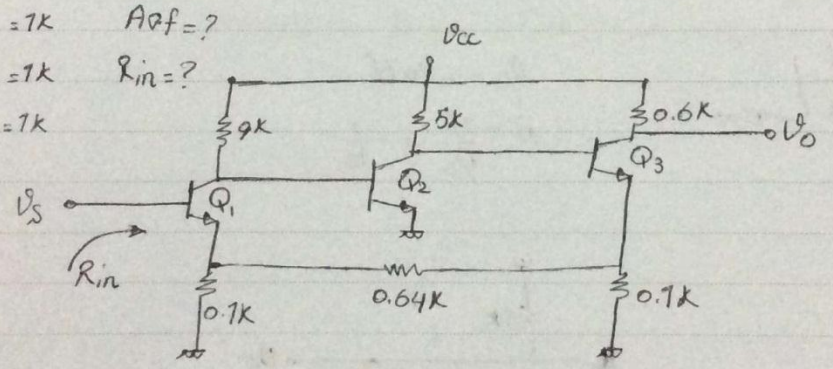
$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + A_r \beta} = 169$$

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_r \beta} = 89$$

$h_{ie_1} = 1k$ $A_{vf} = ?$

$h_{ie_2} = 1k$ $R_{in} = ?$

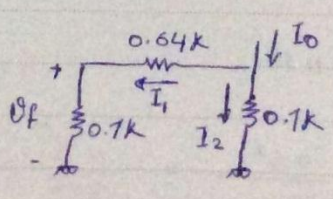
$h_{ie_3} = 1k$

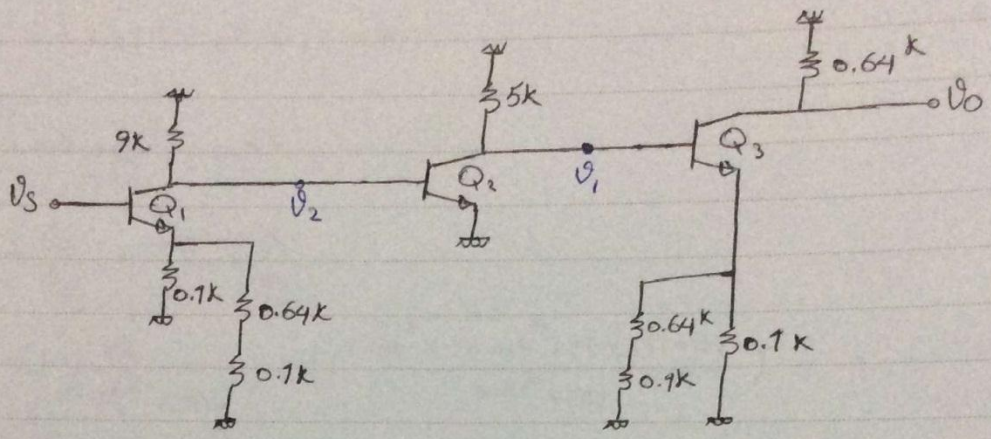


$$\beta = \frac{v_f}{I_o}\Big|_{i_o = 0}$$

$$v_f = I_1 \times 0.1 = \frac{0.1}{0.9 + 0.1} I_o \times 0.1$$

$$= \frac{0.1}{0.84} I_o \times 0.1 \longrightarrow \frac{v_f}{I_o} = \frac{1}{84}$$





$$A_\vartheta = \frac{\vartheta_o}{\vartheta_1}\ (C.E) \times \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\ (C.E) \times \frac{\vartheta_2}{\vartheta_s}\ (C.E)$$

خیلی تقریبی!

$$A_\vartheta = \frac{-0.6}{90+re_3} \times -\frac{5k \,\|\, (re_3+90)(1+\beta)}{re_2} \times -\frac{90\,k \,\|\, re_2(1+\beta)}{90+re_1} \simeq 16000$$

$$A_\vartheta = \frac{\vartheta_o}{\vartheta_s} = \frac{I_o R_L}{\vartheta_s}$$

$$A_g = \frac{I_o}{\vartheta_s} = \frac{A_\vartheta}{R_L} = \frac{16000}{0.6} = 26000$$

$$R_i = (90+re_1)(1+\beta) = 10k$$

$$R_{if} = R_i(1+A\beta) = 10\left(1+(26000)\left(\frac{1}{84}\right)\right)$$

$$A_{gf} = \frac{A_g}{1+A_g\beta} = \frac{26000}{1+(26000)\left(\frac{1}{84}\right)}$$

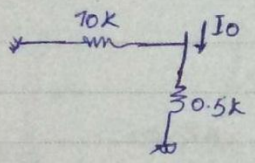
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year . Month . Date . ( )

۱- جریان - موازی

۲-

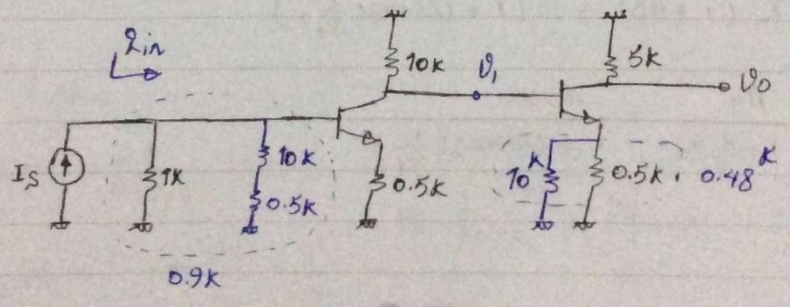


$\beta = \frac{If}{Io}$ / معکوس مقاومت

$$If = -\frac{0.5}{10+0.5} Io$$

$$\beta = \frac{-0.5}{10.5} = -\frac{1}{21}$$

۳-



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$R_{in} = 0.9 \,\|\, (r_{e_1} + 0.5^{k})(1+\beta) \qquad -4$$

$$R_{in} = 0.9 \,\|\, 50^{k} = 0.9k$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_1} \times \frac{v_1}{v_s}$$

$$A_v = \left(\frac{-5k}{0.48^{k} + r_{e_2}}\right) \times \left(-\frac{70^{k} \,\|\, (0.48^{k} + r_{e_2})(1+\beta)}{0.5^{k} + r_{e_1}}\right)$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{R_L I_o}{R_{in} I_s}$$

$$A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_v \times \frac{R_{in}}{R_L} = A_v \times \frac{0.9^{k}}{5^{k}} = -29.25$$

$$A_{If} = \frac{A_I}{1 + A_I B} = \frac{-29.25}{1 + (29.25)\frac{1}{21}} = -12.24 \qquad -5$$

$$R_{if} = \frac{R_{in}}{1 + A_I B}$$

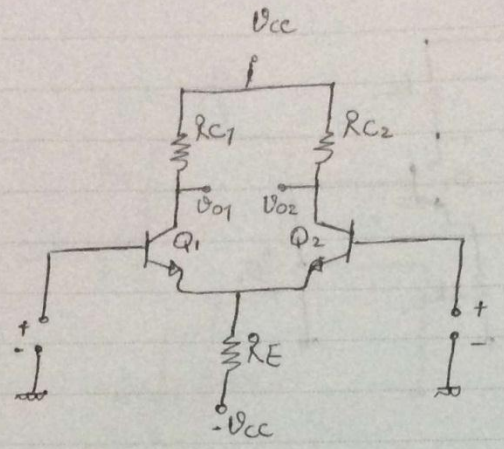
$$R_{if} = 0.376$$

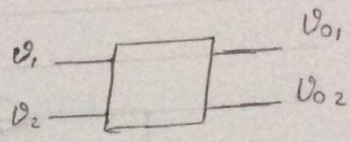
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year Month Date

جلسه هفتم 94,9,7

تقویت کننده‌های تفاضلی:





$$V_1 = V_{cm} + \frac{V_d}{2} \qquad V_d = V_1 - V_2$$

$$\Rightarrow$$

$$V_2 = V_{cm} - \frac{V_d}{2} \qquad V_{cm} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

بهره تفاضلی با خروجی یک طرفه

$$A_{d_1} = \frac{V_{o1}}{V_d} = \frac{-R_L}{R_x}$$

مقاومت دیده شده از امیتر ترانزیستور

$$A_{d_1} = \frac{-R_{C1}}{r_{e1} + r_{e2}}$$

$$A_{d_2} = \frac{V_{o2}}{V_d} = \frac{R_{C2}}{r_{e1} + r_{e2}}$$

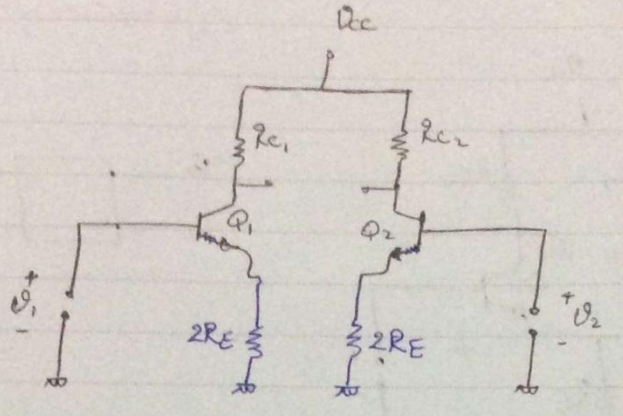
$$A_d = A_{d_1} - A_{d_2} = \frac{V_{o1}}{V_d} - \frac{V_{o2}}{V_d} = \frac{-R_L}{r_{e1}+r_{e2}} - \frac{R_L}{r_{e1}+r_{e2}} = \frac{-2R_L}{r_{e1} + r_{e2}}$$

$R_{e1} + R_{C2}$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year Month Date ( )

بهره وجه مشترک :



$$A_{cm} = \frac{v_{o1}}{v_{cm}} = \frac{-R_L}{R_{ej}} \rightarrow$$ مقاومت دیده شده از امیتر ترانزیستور اول

$$A_{cm_1} = -\frac{R_{c1}}{r_{e1} + 2R_E}$$

$$A_{cm_2} = -\frac{R_{c2}}{r_{e2} + 2R_E}$$

CMRR (ضریب حذف وجه مشترک)

$$CMRR(1) = \left| \frac{A_{d1}}{A_{cm1}} \right|$$

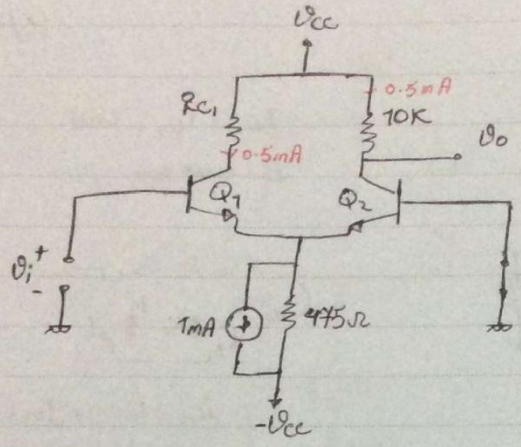
$$CMRR(2) = \left| \frac{A_{d2}}{A_{cm2}} \right|$$

$$CMRR = \left| \frac{A_{d1} - A_{d2}}{A_{cm1} - A_{cm2}} \right|$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

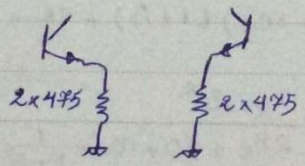
Subject :
Year Mouth Date ( )

مثال) $\beta = \infty$ ، بهره تفاضلی و بهره حالت مشترک را محاسبه کنید.



$$re_1 = re_2 = \frac{V_T}{I_C} = \frac{25}{\frac{1}{2}mA} = 50\Omega$$

$$A_d = \frac{V_o}{V_d} = \frac{10^K}{re_1 + re_2} = \frac{10^K}{50^\Omega + 50^\Omega} = \frac{10{,}000}{100} = 100$$



$$A_c = -\frac{V_o}{V_{cm}} = \frac{-10^K}{950 + 50} = -\frac{10000}{1000} = -10$$
re_2

مربوط به قسمت عملی:

$$V_d = V_1 - V_2 = V_i - 0 = V_i \Rightarrow A_d = \frac{V_o}{V_i} = 100$$

$$V_{cm} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_i + 0}{2} = \frac{V_i}{2} \Rightarrow A_{cm} = \frac{V_o}{\frac{V_i}{2}} = 10$$

$A_{cm} = 5$

Present to the 3 years old level girl

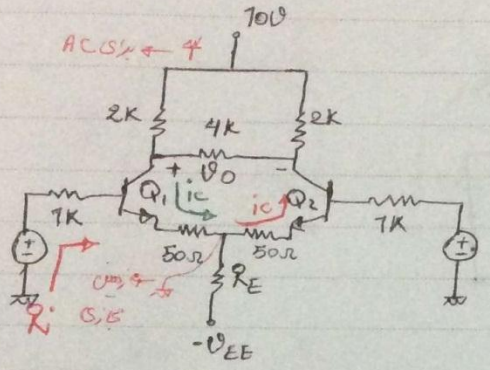
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :

Year . Month . Date . ( )

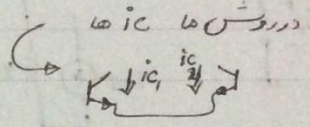
$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right| = \frac{100}{10} = 10$$

(مثال



$I_{E_1} = I_{E_2} = 1mA$

$\beta \rightarrow \infty \; 100$



$i_{c_1} = v_{cm} \times g_{m1}$

$i_{c_2} = v_{cm} \times g_{m2}$

$$r_{e_1} = r_{e_2} = \frac{25mV}{1mA} = 25\Omega$$

$$A_d = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_d} = -\frac{(2k + 2k) \| 4k}{50 + 50 + r_{e_2} + r_{e_1} + \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{1+\beta}} = -\frac{2000}{100 + 50 + 20} =$$

$$R_i = (r_{e_2} + 50 + 50 + r_{e_1})(1+\beta) + 1k + 1k$$

$$A_{cm_1} = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_c} = \frac{-2k}{2R_E + 50 + r_{e_1} + \frac{1}{1+\beta}}$$

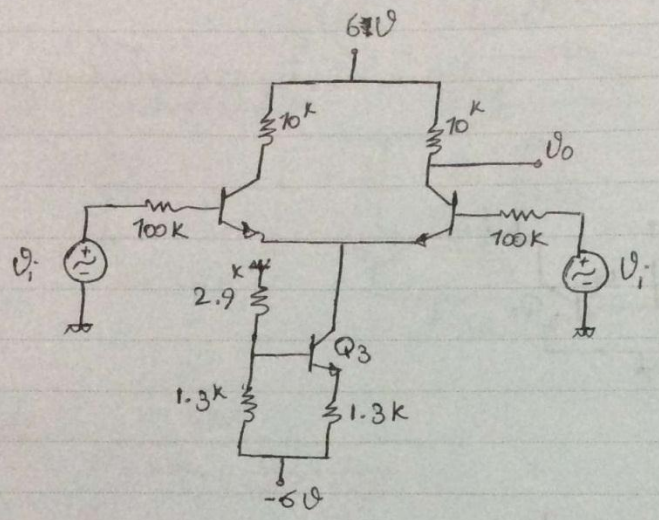
$$A_{cm_2} = \frac{-2}{2R_E + 50 + r_{e_1} + \frac{1}{1+\beta}}$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

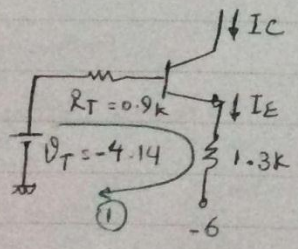
جلسه دهم 94, 9, 14

تقویت کننده تفاضلی با استفاده از منبع جریان ثابت:



$A_d = ?$

$$A_d = \frac{R_L}{R_x} = \frac{10^k}{re_1 + re_2 + \frac{100}{1+\beta} + \frac{100}{1+\beta}}$$



$R_T = R_1 \parallel R_2 = 0.9k$

$$v_T = \frac{2.9}{2.9+1.3}(-6) = 4.14$$

KVL (1): $-(-4.14) + 0.9 I_{B_3} + V_{BE_3} + 1.3 I_{E_3} = 0$

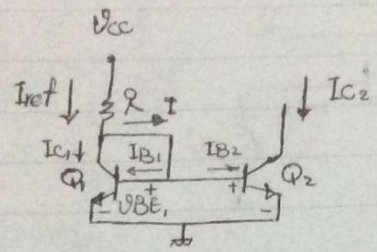
$100 I_{B_2}$

$I_{E_3} = 0.89 mA$

$$I_{E_1} = I_{E_2} = \frac{I_{E_3}}{2} = 0.445\,mA$$

$$r_{e_1} = r_{e_2} = \frac{\vartheta_T}{I_C} = \frac{25m\vartheta}{0.445\,mA} = 56\,\Omega$$

منبع جریان آینه‌ای در تقویت‌کننده تفاضلی:



$$\vartheta_{BE_1} = \vartheta_{BE_2}$$

$$\vartheta_T \ln \frac{I_{C_1}}{I_{S_1}} = \vartheta_T \ln \frac{I_{C_2}}{I_{S_2}}$$

$I_{S_1} = I_{S_2}$ ⟹ $I_{C_1} = I_{C_2}$

یعنی ترانزیستورها مشابه باشند

$$I_{ref} = I_{C_1} + \overbrace{I_{B_1} + I_{B_2}}^{I}$$

$$\beta \gg 0 \longrightarrow I_{ref} = I_{C_1}$$

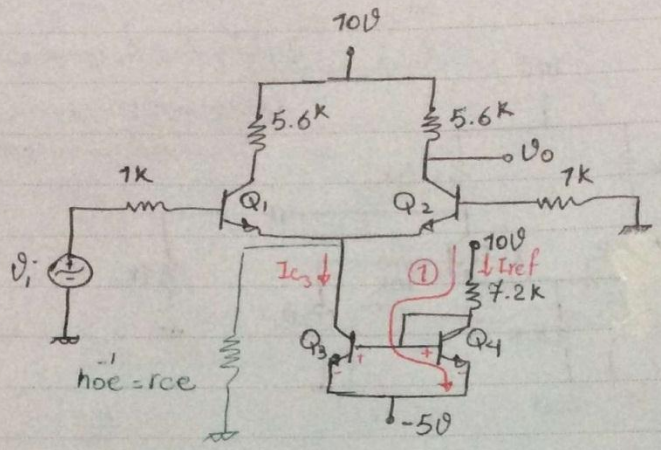
$$\Rightarrow I_{ref} = I_{C_2}$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$\beta = 100$

$V_A(NPN) = 120V$



$$A_d = \frac{5.6^K}{re_1 + re_2 + \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{1+\beta}}$$

$$re = \frac{V_T}{I_{C_1}}$$

KVL 1 : $-10 + 7.2\, I_{ref} + V_{BE} - 5 = 0$

$I_{ref} = 2mA$

$I_{C_3} = I_{ref} = 2mA$

$I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_{C_3}}{2} = 1mA$

$re_1 = \frac{V_T}{I_{C_1}} = re_2 = \frac{25^{mV}}{1mA} = 25\Omega$

$h_{oe}^{-1} = r_{ce} = \frac{V_A}{I_C} = \frac{120^V}{1^{mA}} = 120K\Omega$

$A_{cm} = \frac{-5.6}{\frac{1}{1+\beta} + 120K + re}$

$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

تقویت کننده تفاضلی با مقاومت R_E

الف) در تقویت کننده تفاضلی R_1 و R_2 را به گونه‌ای تنظیم کنید که جریان دو ترانزیستور برابر شود

ب) CMRR را بدست آورید.

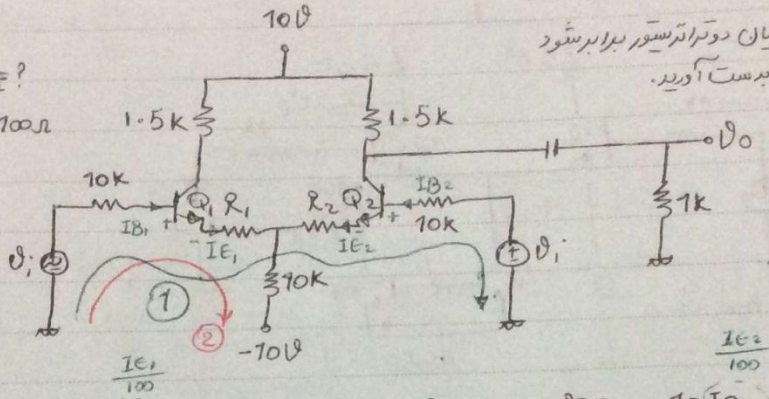
$h_{fe_1} = 100$

$h_{fe_2} = 200$

$CMRR = ?$

$R_1 = ?\quad R_2 = ?$

$R_1 + R_2 = 100\,\Omega$



$\frac{I_{E_1}}{100}$ $\qquad$ $\frac{I_{E_2}}{100}$

KVL 1 : $10 I_{B_1} + V_{BE_1} + R_1 I_{E_1} - R_2 I_{E_2} - V_{BE_2} - 10 I_{B_2} = 0$

$$\frac{I_{E_1}}{10} + R_1 I_{E_1} = R_2 I_{E_2} + \frac{I_{E_2}}{20}$$

با حل دستگاه:

$$\begin{cases} \frac{1}{10} + R_1 = R_2 + \frac{1}{20} \\ R_1 + R_2 = 100\,\Omega \end{cases} \quad I_{E_1} = I_{E_2}$$

$\Rightarrow R_1 = 25\,\Omega$

$R_2 = 75\,\Omega$

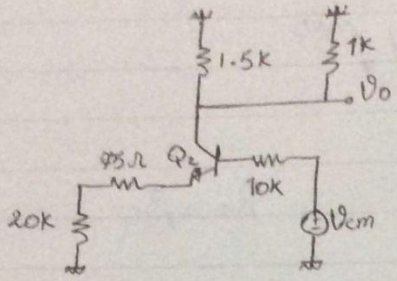
$$A_d = \frac{1.5 \parallel 1}{25\,\Omega + 75\,\Omega + r_{e_1} + r_{e_2} + \frac{10}{1+100} + \frac{10}{1+200}}$$

KVL 2 : $10 I_{B_1} + V_{BE_1} + 25 I_{E_1} + 10 \underbrace{(I_{E_1} + I_{E_2})}_{2I_{E_1}} - 10 = 0$

$I_{E_1} = I_{E_2} = 0.462$

$r_{e_1} = r_{e_2} = \frac{V_T}{I_C} = 54.7\,\Omega$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

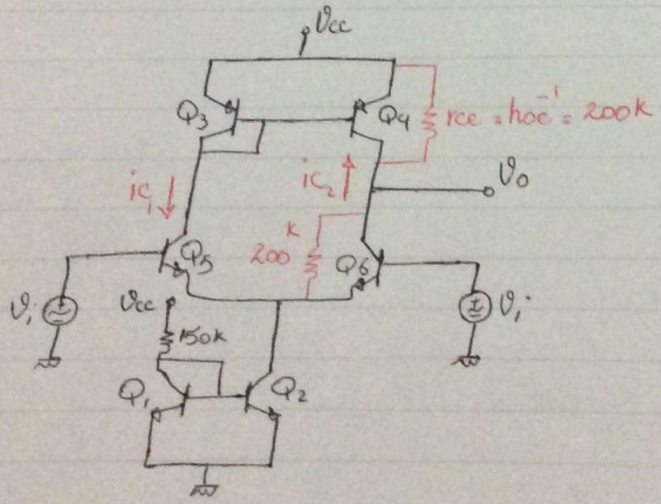


$$A_{cm} = \frac{-1.5 \parallel 1}{20K + 75\Omega + re + \frac{10}{1+\beta_2}} = -0.03$$

$\beta_2 \hookrightarrow 200$

$$CMRR = \left|\frac{A_d}{A_c}\right| = 56$$

استفاده از بار فعال در تقویت کننده تفاضلی:

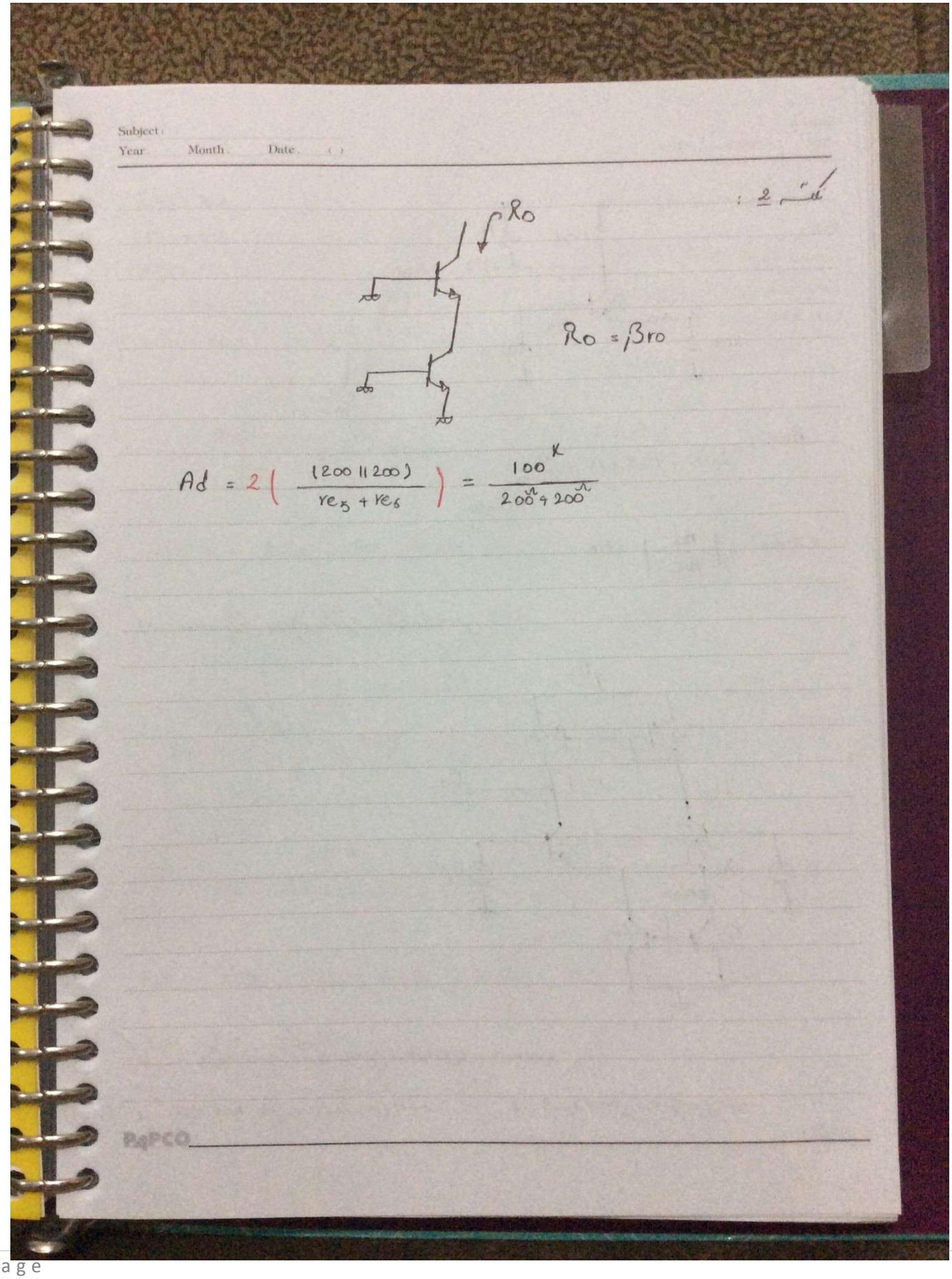


نکته: هرگاه در تقویت کننده تفاضلی از بار فعال استفاده شود:

1- $h_{oe}^{-1} = r_{ce}$ قابل صرف نظر می باشد.

2- بهره تفاضلی دوسر ابری می شود.

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel


Subject :
Year . Month . Date . ( )
R_o
$R_o = \beta r_o$
$A_d = 2\left(\frac{(200 \| 200)}{re_5 + re_6}\right) = \frac{100}{200\Omega + 200\Omega}\ K$

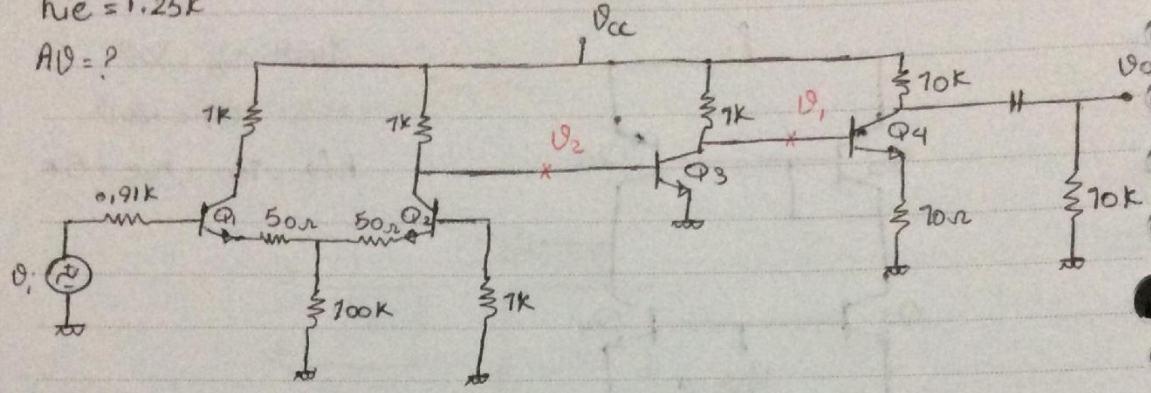
Subject:
Year Month Date ( )

94, 9, 28 جلسه یازدهم

$h_{fe} = 700$

$h_{ie} = 1.25k$

$A_V = ?$



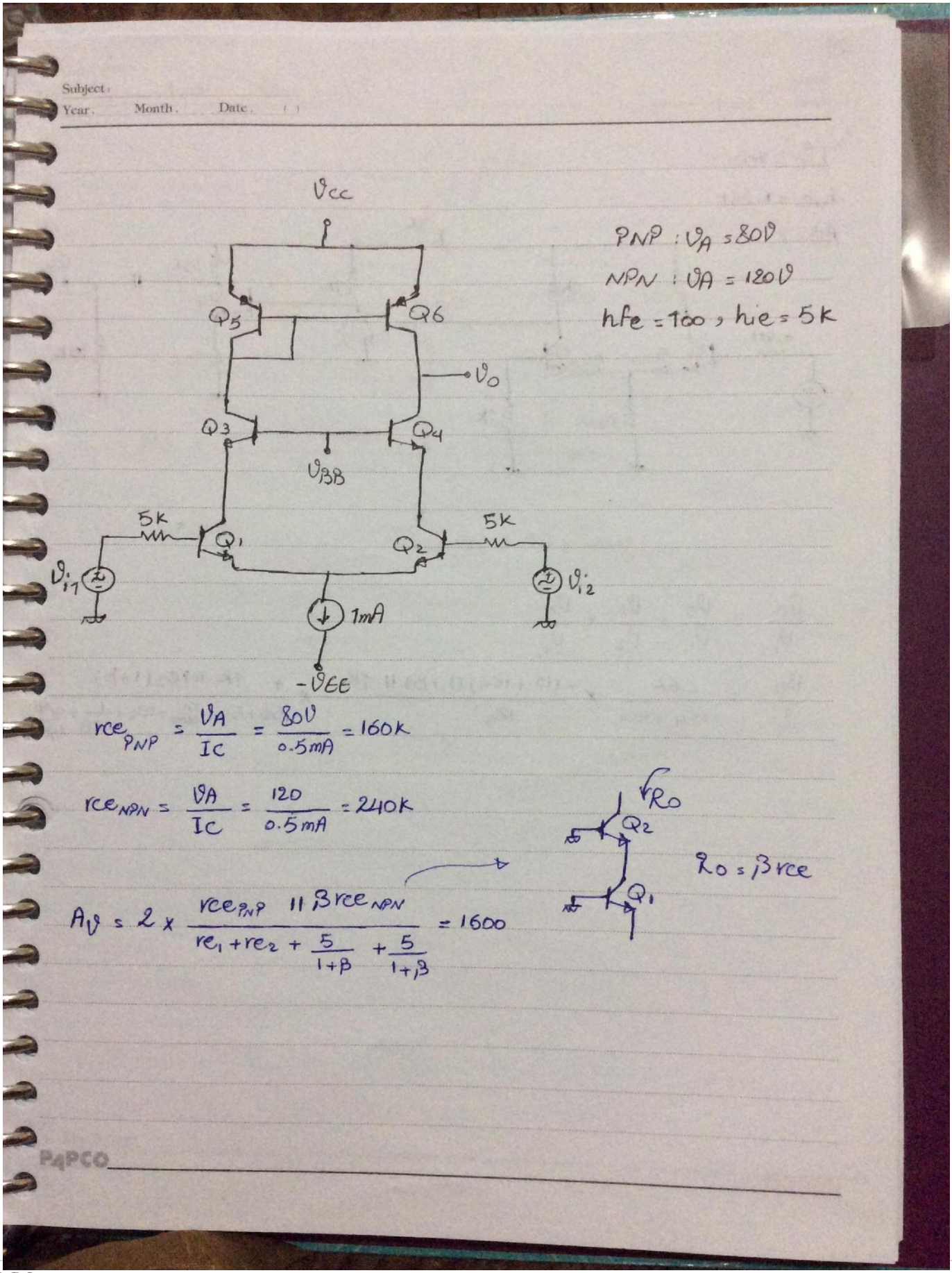
Global × CE × CE

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_1} \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_i}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-6k}{re_4 + 10\Omega} \times \frac{-(10 + re_4)(1+\beta) \parallel 7k}{re_3} \times \frac{+ 7k \parallel re_3(1+\beta)}{50 + 50 + \frac{re_1}{\beta+1} + re_2 + \frac{1}{1+\beta} + \frac{0.91}{1+\beta}}$$

PqPCO

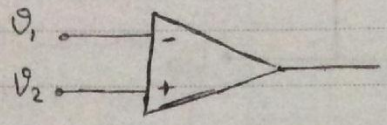
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

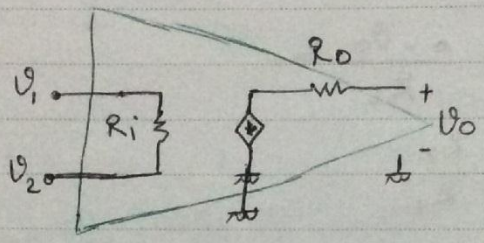


www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

تقویت کننده عملیاتی: op-Amp





opAmp ایده‌آل:

1- $R_i \to \infty$

2- $R_o \to 0$

3- $A_d \to \infty$

4- $CMRR \to \infty$

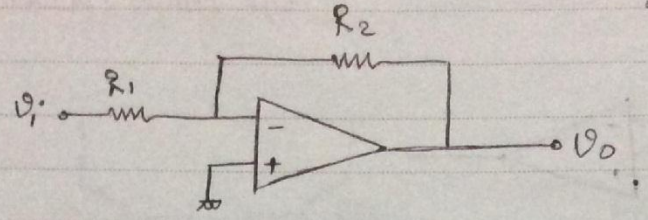
- درصورت وجود فیدبک منفی، مدارات شامل opAmp را می‌توان با استفاده از دو قاعده زیر تحلیل کرد:

1- ولتاژ سرهای + و - یکسان است.

2- جریان ورودی سرهای + و - برابر صفر است.

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

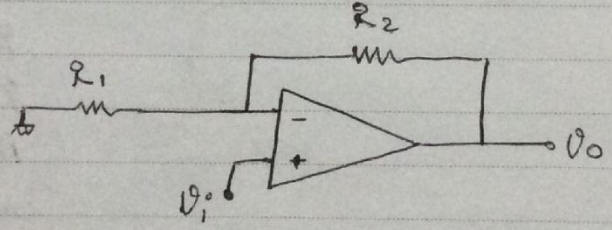
تقویت کننده معکوس کننده



$$\frac{0 - v_i}{R_1} + \frac{0 - v_o}{R_2} = 0$$

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

تقویت کننده غیرمعکوس کننده



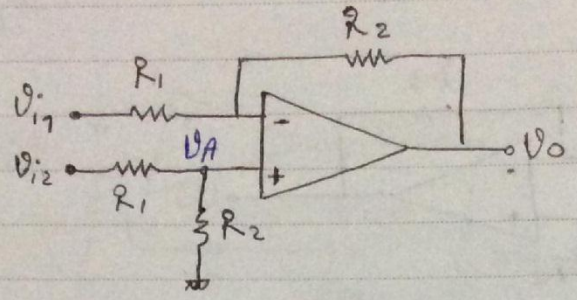
$$+\frac{v_i}{R_1} + \frac{v_i - v_o}{R_2} = 0$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject :
Year . Month . Date . ( )

تقویت کننده تفاضلی

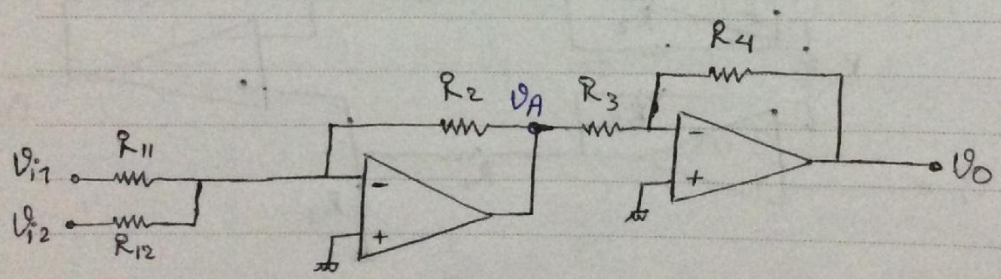


استفاده از روش جمع آثار:

$$V_{i2}=0 \rightarrow V_{o1}=-\frac{R_2}{R_1}V_i$$

$$V_{i1}=0 \rightarrow V_{o2}=\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)V_A \quad \text{*} \rightarrow \frac{R_2}{R_1+R_2}\times V_i$$

$$V_o = V_{o1}+V_{o2}$$

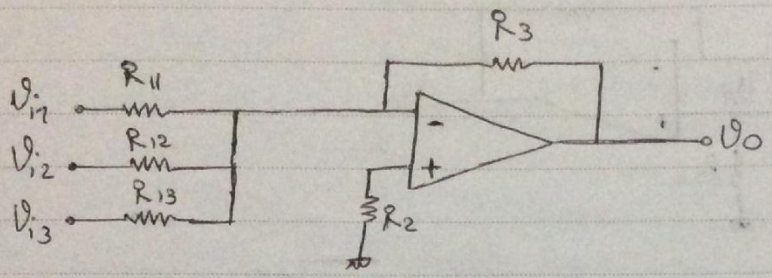


$$V_{i2}=0 \quad (V_{i1}) \Rightarrow AV_1=\frac{V_o}{V_A}\times\frac{V_A}{V_{i1}}=-\frac{R_4}{R_3}\times\frac{-R_2}{R_{11}} \Rightarrow V_{o1}$$

$$V_{i1}=0 \quad (V_{i2}) \Rightarrow AV_2=-\frac{R_4}{R_3}\times-\frac{R_2}{R_{12}} \Rightarrow V_{o2}$$

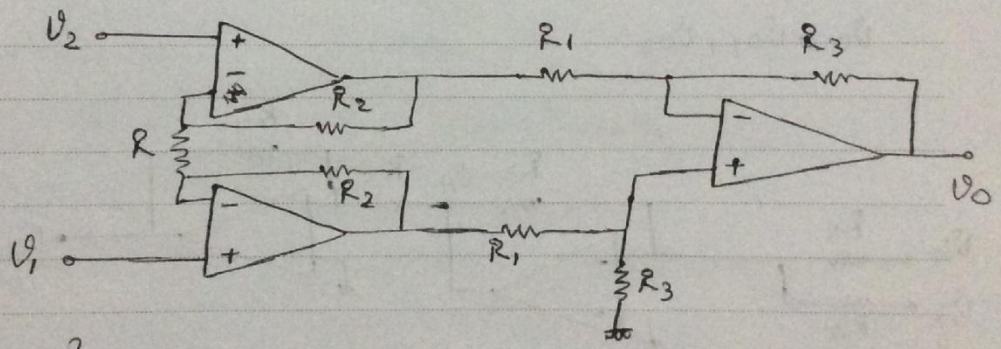
$$V_o=V_{o1}+V_{o2}=-\frac{R_4}{R_3}\times\frac{-R_2}{R_{11}}+\frac{-R_4}{R_3}\times-\frac{R_2}{R_{12}}$$

مدار جمع کننده :



$$V_o = -\frac{R_3}{R_{11}} V_{i1} - \frac{R_3}{R_{12}} V_{i2} - \frac{R_3}{R_{13}} V_{i3}$$

تمرین)



$V_o = ?$

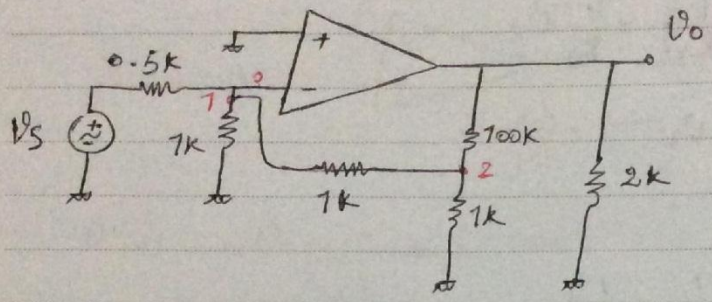
www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:

Year Month Date ( )

94, 10, 5 جلسه دوازدهم

$A_V = ?$ (مثال



$$KCL\ 1: \frac{0-V_S}{0.5} + \frac{0-V_2}{1} = 0 \rightarrow V_S = -\frac{V_2}{2}$$

$$KCL\ 2: \frac{V_2-V_o}{100} + \frac{V_2-0}{1} + \frac{V_2-0}{1} = 0$$

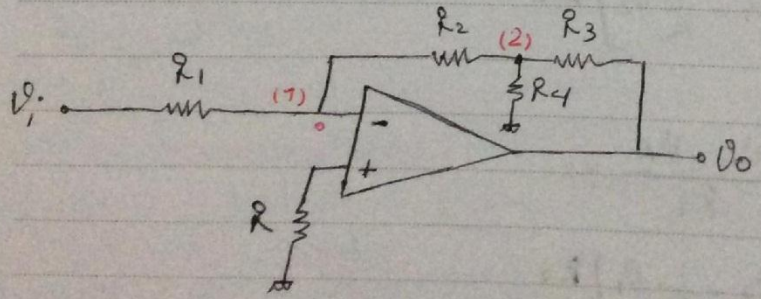
$$V_2\left(\frac{1}{100} + 2\right) = \frac{V_o}{100}$$

$$V_2 = \frac{V_o}{201} \Rightarrow V_o = 201\,V_2 \Rightarrow V_o = 201(-2V_S)$$

$$V_o = -402\,V_S$$

$$A_V = -402$$

$A_V = ?$ (مثال



$$(1)\ \frac{0-V_i}{R_1} + \frac{0-V_2}{R_2} = 0 \Rightarrow V_i = -\frac{R_1}{R_2}V_2$$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

Subject:
Year. Month. Date. ( )

② $\frac{v_2 - 0}{R_2} + \frac{v_2 - 0}{R_4} + \frac{v_2 - v_o}{R_3} = 0$

$v_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{1}{R_3} v_o$

$v_o = \frac{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3}}{\frac{1}{R_3}} v_2 \longrightarrow \frac{-R_2}{R_1} v_1$

$A_v = \frac{-R_2 R_3}{R_1} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right)$

جواب تمرین:

$v_B = 0 \longrightarrow v_{o1} = -\frac{R_3}{R_1} v_A$

$v_A = 0 \longrightarrow v_{o2} = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) \frac{R_3}{R_1 + R_3} v_B$

$v_o = v_{o1} + v_{o2} = \frac{R_3}{R_1} (v_B - v_A)$

KCL 1: $\frac{v_1 - v_2}{R} + \frac{v_1 - v_B}{R_2} = 0$

$v_B = \left[\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2} \right) v_1 - \frac{1}{R} v_2 \right] R_2$

KCL 2: $\frac{v_2 - v_1}{R} + \frac{v_2 - v_A}{R_2} = 0$

$v_A = \left[\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2} \right) v_2 - \frac{1}{R} v_1 \right] R_2$

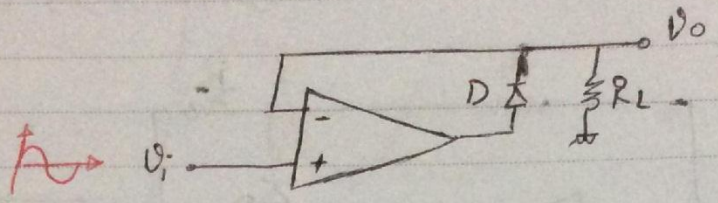
$v_o = \frac{R_3}{R_1} (v_B - v_A)$ $\qquad$ $v_o = \frac{R_3}{R_1} \left(1 + \frac{2R_2}{R}\right)(v_2 - v_1)$

v_B و v_A جایگذاری می‌شود

Subject:

Year. Month. Date. ( )

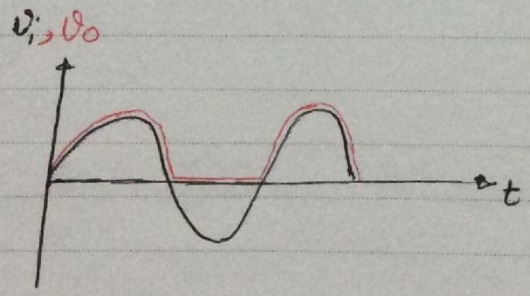
مثال) کسوسازنیم موج



$v_{i(+)} \rightarrow v_{o(+)} \rightarrow D: ON$

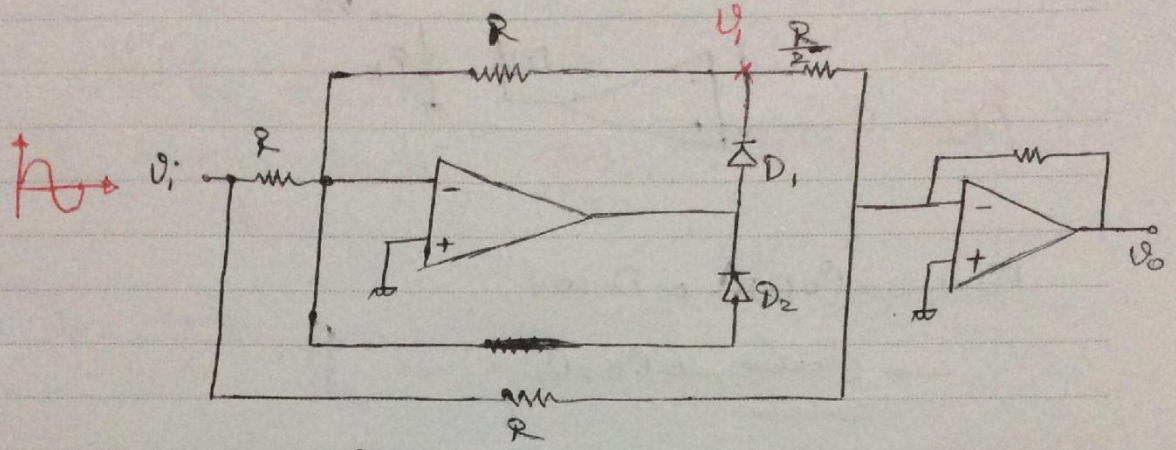
$\rightarrow$ ضدیک منفی برقرار است $\rightarrow v_o = v_i$

$v_{i(-)} \rightarrow v_{o(-)} \rightarrow D: off \rightarrow$ ضدیک منفی برقرار نیست $\rightarrow$ اتصال می‌شود $\rightarrow v_o = R_L \times i = 0$



www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

مثال) یکسوساز تمام موج



$v_{i(-)} \rightarrow v_{o_1(+)} \rightarrow \begin{cases} D_1 : ON \\ D_2 : off \end{cases}$

$v_o = -\frac{R}{\frac{R}{2}} \times v_1 = -\frac{2R}{R} v_1 = -2v_1 = +2v_i$

$v_1 = -\frac{R}{R} v_i = -v_i$

$v_{o_2} = -\frac{R}{R} v_i = -v_i$

$v_o = v_{o_1} + v_{o_2} = v_i$

$v_{i(+)} \rightarrow v_{o_1(-)} \rightarrow \begin{cases} D_1 : off \\ D_2 : ON \end{cases}$

$\begin{cases} v_{o_1} = \frac{-R}{R+\frac{R}{2}} \times 0 = 0 \\ v_{o_2} = -\frac{R}{R} v_i \Rightarrow v_{o_2} = -v_i \end{cases}$

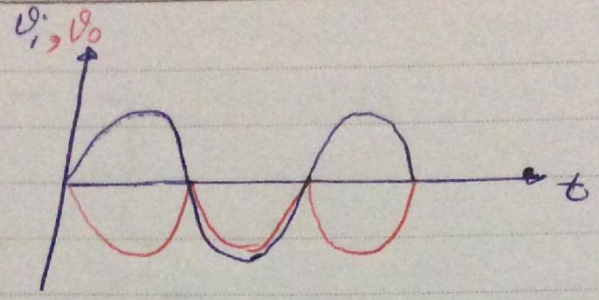
v_i
$\begin{cases} (+) & v_o = -v_i \\ (-) & v_o = +v_i \end{cases}$

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel

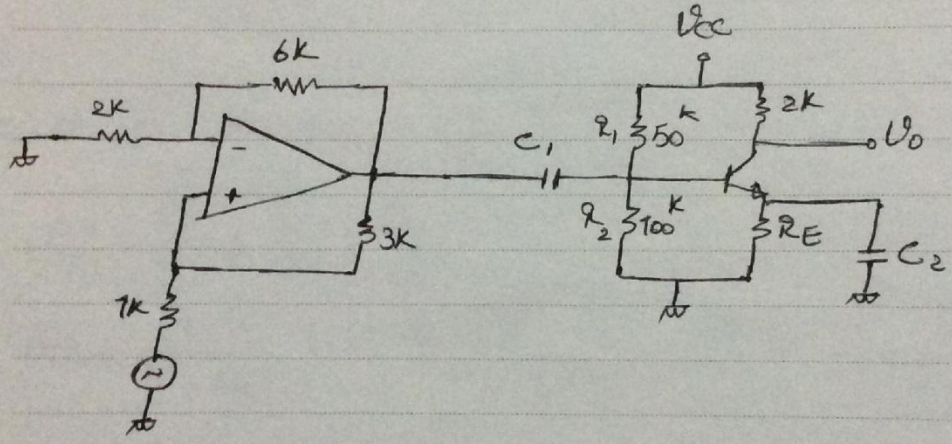
34

Subject :

Year Month Date ( )



تمرین :



$h_{ie} = 2.5K$

$h_{fe} = 100$

خازن های C_1 و C_2 در فرکانس سیگنال ورودی اتصال کوتاه می باشند.

PqPCO

www.darvishkasa.blog.ir
https://telegram.me/blogtel