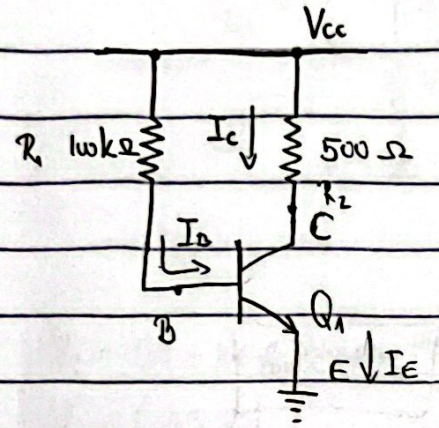
OEDT - K1 - PRIPREME

K1 - 2022

① Одредити радну тачку биполарног транзистора за приказ са сл. Познато је $I_S = 6 \cdot 10^{-16}$ A, $\beta = 100$, $V_t = 26$ mV, $V_{cc} = 2,5$V. Знати. Ернулов еф.



$I_S = 6 \cdot 10^{-16}$ A
$\beta = 100$
$V_t = 26$ mV
$V_{cc} = 2,5$ V

$V_{BC}, V_{BE} > 0,6$ сатур
$V_{BC} < 0,6$, $V_{BE} > 0,6$ - ак.р
$V_{BC}, V_{BE} < 0,6$ - Запирање

Узмемо да је $V_{BE} = 0,7$V. $= V_B$

$$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$V_{BE} = V_B$

$V_B = V_{CC} - R_1 \cdot I_B$

$V_{BE} = V_{CC} - R_1 \cdot \frac{1}{\beta} \cdot I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$

$V_{BE} + V_{CC} + \frac{1}{\beta} = e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$

$R_1 \frac{1}{\beta} \cdot I_S$

$$\frac{V_{cc} - V_B}{R_1} = I_B$$

$$\frac{2,5 - 1,7}{100k} = I_B$$

$I_B = 8\mu A$

$I_C = \beta \cdot I_B = 800\mu A$

$V_C = V_{cc} - I_C \cdot R_2$

$V_C = 2,5 - 800\mu A \cdot 500\Omega$

$V_C = 2,1$ V

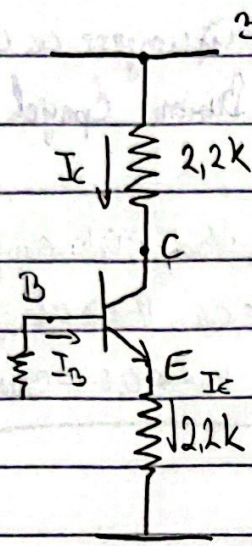
$V_{BC} = 1,4$ V

$V_{BE} = 0,7$

② За даден колу одредити $V_B, V_E, V_C, I_B, I_C, I_E = ?$

$\beta = 30$, $V_{BE} = 0,7\,V$.

a)



$\beta = 30$

$V_{BE} = 0,7V$

$V_E = -0,7\,V$

$\frac{(V_E - V_{EE})}{2,2} = I_E$

$\frac{2,3}{2,2} = 1,05\,mA$ $\quad I_E = 1,05\,mA$

$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C$

$I_C = \frac{30}{31} \cdot 1,05$

$\frac{\beta}{\beta+1} I_E = I_C$

$I_C = 1,02\,mA$

$I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$I_B = 34\,\mu A$

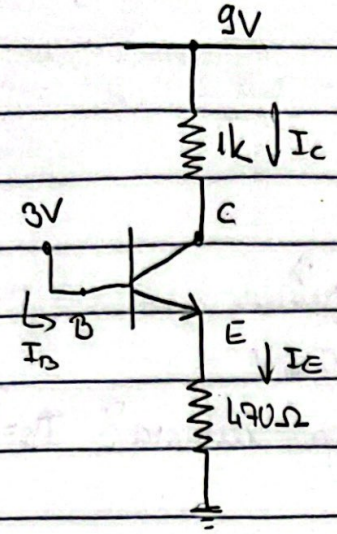
$V_B = 0V$

$V_C = 3V - I_C \cdot 2,2k$

$V_C = 3V - 2,24$

$V_C = 0,76\,V$

δ) $\beta = 30$, $|V_{BE}| = 0{,}7\,V$



$V_B = 3V$

$V_{BE} = V_B - V_E$

$V_E = 2{,}3V$

$I_E = \frac{V_E - 0}{470\Omega} = 4{,}9\,mA$

$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} \cdot I_C \Rightarrow I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E$

$I_C = 0{,}97 \cdot 4{,}9$

$I_C = 4{,}75\,mA$

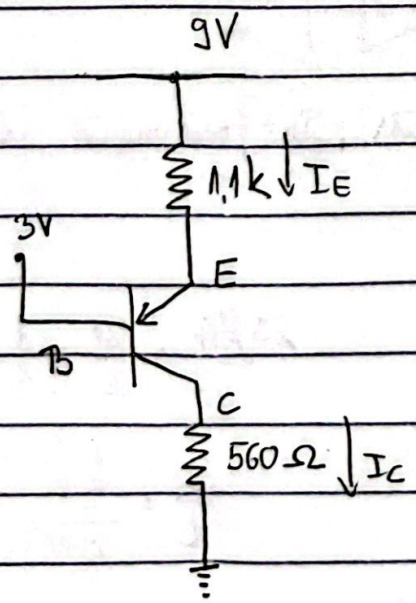
$V_C = 9V - 1k \cdot 4{,}75\,mA$

$V_C = 4{,}25\,V$

$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 0{,}16\,mA$

$I_B = 160\,\mu A$

4)



$\beta = 30$, $|V_{BE}| = 0{,}7$

$V_B = 3V$

$V_{BE} = V_B - V_E$

$V_E = V_B - (-V_{BE})$

$V_E = 3{,}7V$

$I_E = \frac{9 - 3{,}7}{1{,}1} \Rightarrow I_E = 4{,}8\,mA$

$V_C = -I_C R_C = 2{,}6V$

$I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E \quad I_C = 4{,}64\,mA$

$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 154{,}6\,\mu A$

③ NMOS транзистор који ради у лин. области ($V_{DS} = 0{,}1V$)
при струје $I_{D1} = 60\mu A$, при $V_{GS1} = 2V$,
$I_{D2} = 160\mu A$ при $V_{GS2} = 4V$.
Познато је $\mu_n C_{ox} = 50\mu A/V^2$

а) Наћи ширину транзистора и однос $\frac{W}{L}$?
б) Струју дрејна при $V_{GS} = 3V$ и $V_{DS} = 0{,}15V$
в) $V_{GS} = 3V$, V_{DS} при ком долази до преласка кошења? I_D=?

$V_{DS} = 0{,}1V$

$I_{D1} = 60\mu A$, $V_{GS1} = 2V$ | $I_{D2} = 160\mu A$, $V_{GS2} = 4V$

$\mu_n C_{ox} = 50\mu A/V^2$

V_{tn}=? $\frac{W}{L}$=?

$k_n = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L}$, $k_n = \frac{1}{2}$

Када транзистор ради у линеарној области, I_D=?

$I_D = 2k_n (V_{GS} - V_{tn}) V_{DS}$, $k_n = \frac{1}{2}$

$\frac{I_D}{V_{DS}} = 2k_n V_{GS} - 2k_n V_{tn}$

$\frac{25\mu A}{V^2} \cdot \frac{W}{L} = \frac{1}{2}$

$\frac{I_D}{V_{DS}} - 2k_n V_{GS} = -2k_n V_{tn}$

$\frac{W}{L} = \frac{\frac{1}{2}}{25 \cdot 10^{-6}}$

$-\frac{2k_n I_D}{V_{DS} 2k_n} + V_{GS} = V_{tn}$, $V_{tn} = -\frac{60\mu A}{0{,}1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} mA} + 2V$

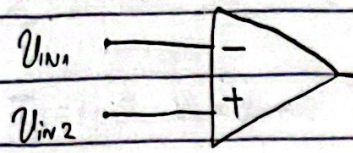
$\frac{W}{L} = \frac{10^6}{50}$

$V_{tn} = 1{,}4V$

$\frac{W}{L} = 20 \cdot 10^3$

Операциони појачавачи

$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$



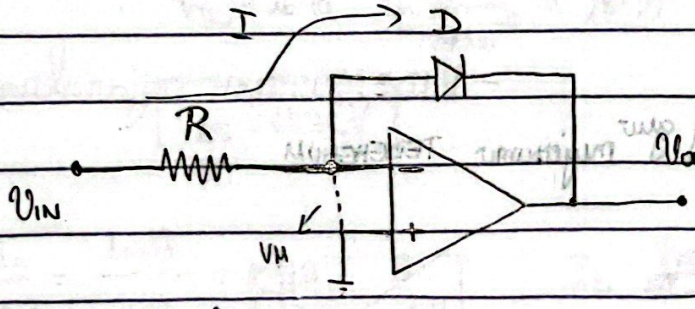
$V_{IN} = V_{IN1} - V_{IN2}$

$V_{out} = V_{in} \cdot A_v$

ИНВЕРТУЈУЋИ : ул. напон на −, $A_v = -\frac{Z_2}{Z_1}$, $A_v = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$

НЕИНВЕРТУЈУЋИ, ул. на +

② За које струјне вредности излазни напон у односу на улазни Ф-ја која? Идеалан спој појачавач, диода: $I_D = I_S \cdot (e^{\frac{V_D}{\varphi_t}} - 1)$



$A_v \to \infty$

$R_o \to 0$ $R_{IN} \to \infty$

Инвертујући појачавач,

$I = \frac{V_{IN-0}}{R} = \frac{V_{IN}}{R}$

$V_D = -V_{out}$ $I_D = I$ $\Rightarrow$

$I_D = I_S \cdot (e^{\frac{V_D}{\varphi_t}} - 1) \approx I_S (e^{\frac{V_D}{\varphi_t}})$

$\Rightarrow \frac{V_{IN}}{R} = I_S \cdot (e^{\frac{-V_{out}}{\varphi_t}})$

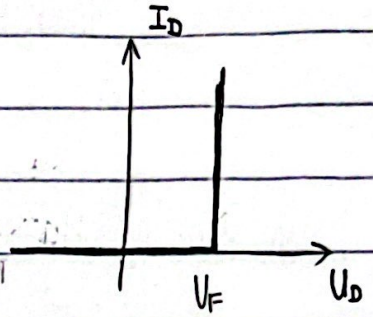
$\frac{V_{IN}}{R I_S} = e^{\frac{-V_{out}}{\varphi_t}} \quad / \ln$

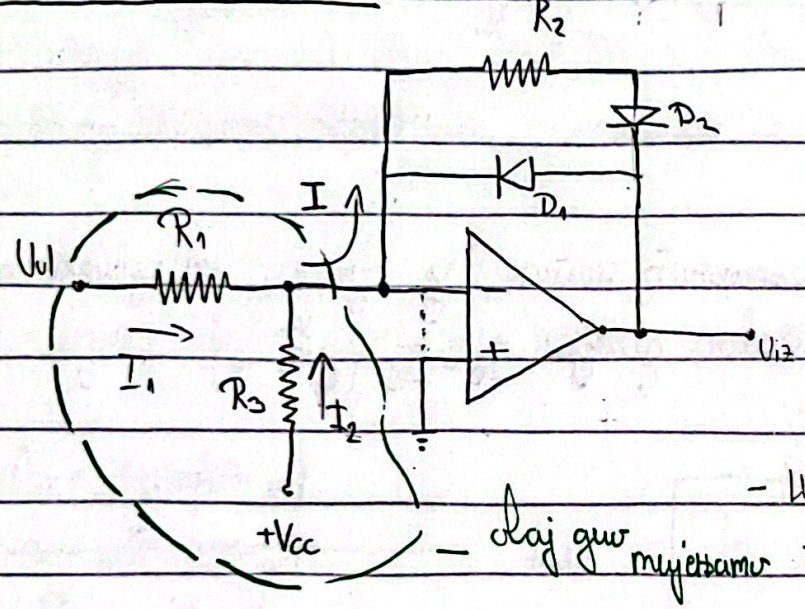
$\ln \frac{V_{IN}}{R I_S} = \frac{V_{out}}{\varphi_t}$

$V_{out} = -\varphi_t \ln \frac{V_{IN}}{R I_S}$

(3.) Одредити и симулирати зависност напона V_{i2} од V_{i1}, V_{i1} мијења $(-5V \div 5V)$. Диода - Кристал

$V_{CC} = 15V$, $R_3 = 4k\Omega$,
$R_1 = 1k\Omega$, $U_F = 0{,}6V$
$R_2 = 2k\Omega$,



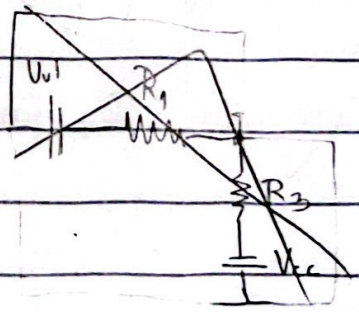


- ИНВЕРТУЈУЋИ појачавач

- Сваку струју мијењамо ТЕВЕНЕНОМ

$I = I_1 + I_2$ $\quad I_1 = \frac{V_{i1}}{R_1}$ $\quad I_2 = \frac{V_{CC}}{R_3}$

$I = \frac{V_{i1}}{R_1} + \frac{V_{CC}}{R_3}$



$R_T = R_1 \| R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 10^6 \Omega}{5k\Omega} = \frac{4}{5}k\Omega$ $\quad \boxed{R_T = 0{,}8k\Omega}$

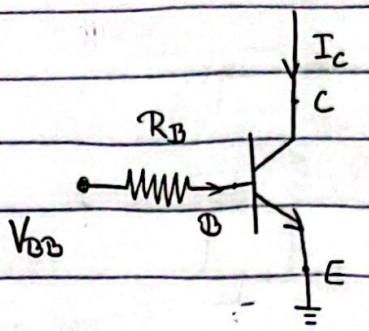
$E_T = ?$ Рачунати

C

Kon. 1. 2022 - Поправни

2.) $B = 100$, $I_S = 7 \cdot 10^{-16}\ A$, $R_B = 10\ k\Omega$, $V_{BB} = ?$

$I_C = 1mA$, $V_t = 26mV$



$$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

$$\frac{I_C}{I_S} = e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

$$\ln \frac{I_C}{I_S} = \frac{V_{BE}}{V_t} \qquad V_{BE} = V_t \ln \frac{I_C}{I_S}$$

$$V_{BE} = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{1mA}{7 \cdot 10^{-16}} = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{1}{7} \cdot 10^{13} = 26 \cdot 10^{-3} \cdot 27,9 = 0,72V$$

$$\boxed{V_{BE} = 0,72V}$$

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{1mA}{100} = \boxed{10\mu A}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

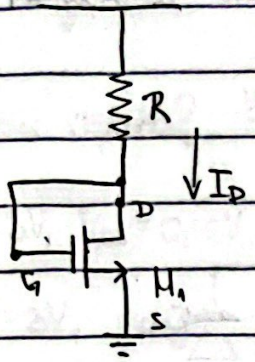
$$V_{BB} = 10\mu A \cdot 10k\Omega + 0,72V$$

$$\boxed{V_{BB} = 0,73V}$$

?

Колоквијум 1 - 2022

① $I_{D1} = 80\mu A$, NMOS: $V_{tn} = 0,6V$, $\mu_n C_{ox} = 20\mu A/V^2$, $L = 0,8\mu m$ $W = 4\mu m$



$k_n = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \cdot \frac{W}{L} = 10\mu A/V^2 \cdot 5 = 50\mu A/V^2$

- Потенцијал пејџа једнак је нули, дрејна

$V_G = V_D$

$V_{GS} = ?$

$V_{GS} = V_D$ Претпостављамо да је $V_{GS} > V_{tn}$ ✓

Претпостављамо да се транзистор налази у области засићења.

$V_{DS} > V_{GS} - V_{tn}$, у овом случају имамо:

$$I_D = k_n (V_{GS} - V_{tn})^2$$

$$\sqrt{\frac{I_D}{k_n}} + V_{tn} = V_{GS}$$

$$\sqrt{\frac{80\mu W}{50\mu m/V^2}} + 0,6V = V_{GS}$$

$1,2 + 0,6V \Rightarrow \boxed{V_{GS} = 1,8V}$

$V_{GS} > V_{tn}$ ✓

$V_{GS} = V_D \Rightarrow$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

$$R = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} \quad R = \frac{1,4^V}{80\mu A} \quad \boxed{R = 14,25\,k\Omega}$$

Јануар 2 - 2022 ?

1. За кола са слике одредити:

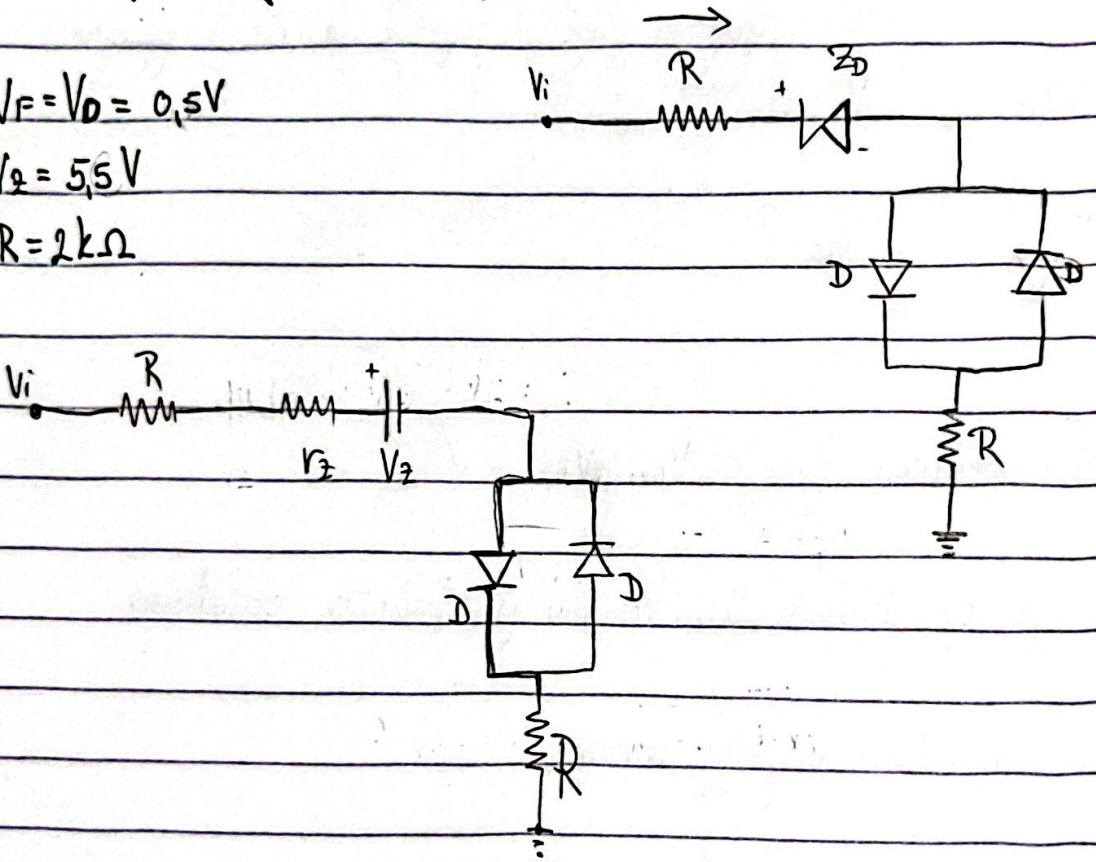
а) - општи израз за струју $I(V_i)$

б) - нацртати преносну карактеристику $I = f(V_i)$, ако се напон V_i мења од -10 до 10 V,

$V_F = V_D = 0{,}5\,V$

$V_Z = 5{,}5\,V$

$R = 2\,k\Omega$



Јун 1 - 2022

① NMOS, линеарна област, $V_{DS} = 0{,}1\,V$ $I_{D1} = 60\mu A$, $V_{GS1} = 2V$
$I_{D2} = 60\mu A$, $V_{GS2} = 4V$

$\mu_n C_{ox} = 50\mu A/V^2$

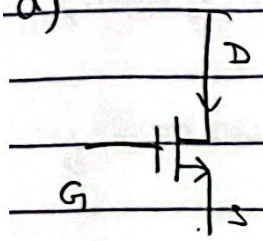
а) Наћи $\frac{W}{L} = ?$

б) $V_{GS} = 3V$, $V_{DS} = 0{,}15V$, $I_D = ?$

ц) $V_{GS} = 3V$, наћи V_{DS} за прелаз канала? I_D тада?

-Када транзистор ради у лин. области: $I_D = 2k_n(V_{GS} - V_{tn})V_{DS}$

а)



$$V_{DS} = \frac{I_D}{2k_n(V_{GS} - V_{tn})}$$

$$\frac{I_{D1}}{2k_n(V_{GS1} - V_{tn})} = \frac{I_{D2}}{2k_n(V_{GS2} - V_{tn})} \quad / \cdot 2k_n$$

$I_D = 2k_n(V_{GS} - V_{tn})V_{DS}$

$$k_n = \frac{I_D}{2(V_{GS} - V_{tn})V_{DS}}$$

$$k_n = \frac{60\mu A}{2 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}1\,V^2} = 250\frac{\mu A}{V^2}$$

$$I_{D1}(V_{GS2} - V_{tn}) = I_{D2}(V_{GS1} - V_{tn})$$

$$I_{D1}V_{GS2} - I_{D1}V_{tn} = I_{D2}V_{GS1} - V_{tn}I_{D2}$$

$$I_{D1}V_{GS2} - I_{D2}V_{GS1} = V_{tn}(I_{D1} - I_{D2})$$

$$V_{tn} = \frac{I_{D1}V_{GS2} - I_{D2}V_{GS1}}{I_{D1} - I_{D2}}$$

$$V_{tn} = \frac{60\mu A \cdot 4 - 160\mu \cdot 2}{-100\mu} = 0{,}8$$

$$k_n = \frac{\mu_n C_{ox}}{2}\frac{W}{L}$$

$$\boxed{V_{tn} = 0{,}8V}$$

$$\frac{2k_n}{\mu_n C_{ox}} = \frac{W}{L}$$

$$\frac{500}{50} = \boxed{\frac{W}{L} = 10}$$

б) За лин. области:

$I_D = 2k_n(V_{GS} - V_{tn})V_{DS}$

$I_D = 250 \frac{\mu A}{V^2}(3 - 0{,}8) \cdot 0{,}15\,V^2$ $\boxed{I_D = 165\,\mu A}$

в) $V_{GS} = 3V$, $V_{DS} = ?$ (прекид канала)

- Транзистор долази до области прелаза области засићења
=> долази до прекида канала

$V_{DS} = V_{GS} - V_{tn}$ $\boxed{V_{DS} = 2{,}2\,V}$

Струја у области засићења: $I_D = k_n(V_{GS} - V_{tn})^2$

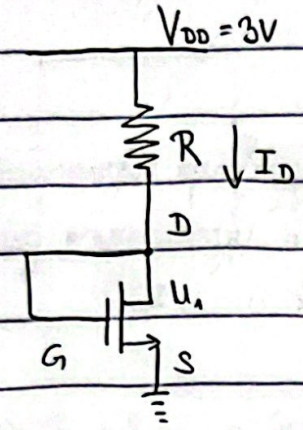
$I_D = 250 \frac{\mu A}{V^2} \cdot 2{,}2^2\,V^2$

$\boxed{I_D = 1{,}21\,mA}$

Јун - 2022 К1

① Пројектовати коло тако да: $I_D = 80\mu A$. NMOS: $V_{tn} = 0,6V$, $\mu_n C_{ox} = 20 \frac{\mu A}{V^2}$, $L = 0,8\mu m$ и $W = 4\mu m$

а)



$$k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = \frac{1}{2}\cdot 20\frac{\mu A}{V^2}\cdot\frac{4\mu m}{0,8\mu m} = 10\cdot 5 = 50\mu A/V^2$$

$V_D = V_G = V_{GS}$

Претпоставимо да се транзистор налази у области засићења (што је и једини потпун: $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{tn}$)

-у том случају струја гребња је: $I_D = k_n (V_{GS} - V_{tn})^2$

$$\sqrt{\frac{I_D}{k_n}} = V_{GS} - V_{tn}$$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{I_D}{k_n}} + V_{tn} = \sqrt{\frac{80\mu A}{50\mu A}} + 0,6V = 1,86V$$

$V_D = V_G = V_{GS} \Rightarrow V_D = 1,86V$

$V_{GS} = 1,86V$

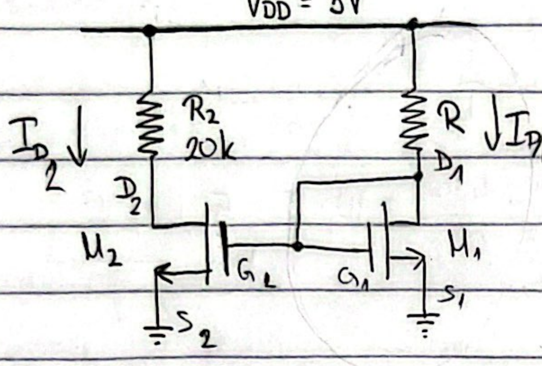
$$R = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D}$$

$$R = \frac{1,14V}{80\mu A} = 14,25k\Omega$$

Ова не зна шта ће бити

б) Струја и Напон дрејна транзистора M_2.

Транзистори идентични, занемарити модулацију дужине канала.



$V_{G1} = V_{G2} = V_{D1}$

(Ако узмемо у обзир транзистор под а) који је идентичан дели ову)

$V_{G2} = 1{,}86\ V$

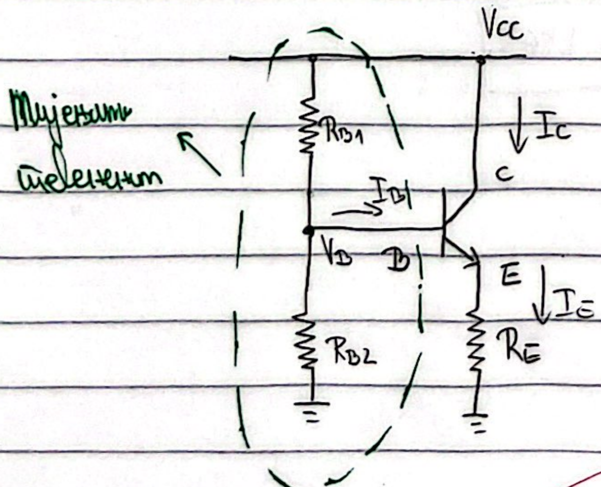
$I_{D1} = I_{D2} = 80\mu A \Rightarrow$

$V_{D2} = V_{DD} - I_{D2} \cdot R_2 = 3 - 80\mu A \cdot 20k = 3 - 1{,}6$

$V_{D2} = 1{,}4V$

2. Одредити: $I_C = ?$ $V_{CE} = ?$ засићење?

$R_E = 1k\Omega$, $R_{B1} = 150\ k\Omega$, $R_{B2} = 50\ k\Omega$, $\beta = 75$, $V_{CC} = 12V$, $V_{BE} = 0{,}7V$, $V_{CES} = 0{,}2V$



$V_{CES} = 0{,}2$ - напон засићен

~~$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} = 12 \cdot \frac{50k\Omega}{200k\Omega}$~~

~~$V_B = 3V$~~

~~$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_E = 2{,}3V$~~

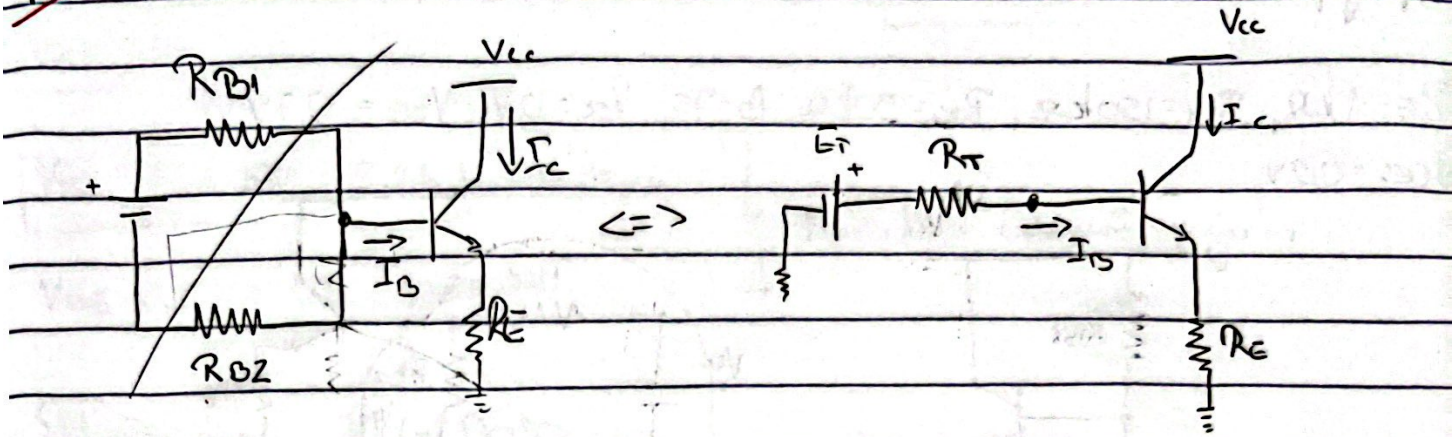
~~$I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E$~~ ~~$I_E = \frac{V_E}{R_E} = 2{,}3mA$~~

~~$I_C = \frac{75}{76} \cdot 2{,}3$~~

~~$I_C = 2{,}25mA$~~

$V_{CE} = -V_{BC} - V_{DE}$

~~$V_{BC} = V_B - V_C = -$~~



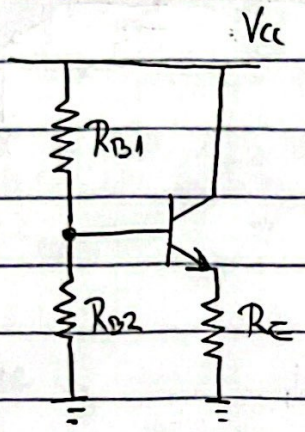
$R_T = R_{B1} \parallel R_{B2} = 37,5$ V_B

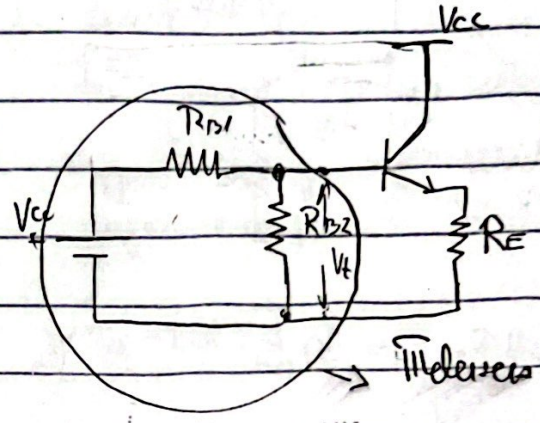
$E_T = R_{B2} \cdot \frac{V_{cc}}{R_{B1}+R_{B2}}$ 3V

(2) Одредити радну тачку колектора и напон колектор - емитер. Пројектовати транзистор.

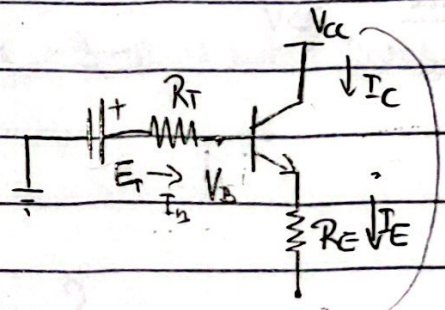
$R_E = 1\,k\Omega$, $R_{B1} = 150\,k\Omega$, $R_{B2} = 50\,k\Omega$, $\beta = 75$, $V_{CC} = 12\,V$, $V_{BE} = 0{,}7\,V$

$V_{CES} = 0{,}2\,V$





Екв. Тев. генератора:



$$V_T = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{50k\Omega}{200k\Omega} 12 = \boxed{3V}$$

$R_T = R_1 \| R_2$

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{7500}{200} = \boxed{37{,}5\,\Omega}$$

$I_E = I_B + I_C = I_B(\beta + 1)$

$I_C = I_B \cdot \beta$

$$\boxed{\begin{aligned} I_C &= 1{,}5\,mA \\ I_E &= 1{,}52\,mA \end{aligned}}$$

$V_{CE} = V_{IC} - R_E I_E$

$V_{CE} = 12 - 1{,}52$

$$\boxed{V_{CC} = 10{,}48\,V}$$

$E_T = R_T \cdot I_B + V_{BE} + R_E \cdot I_E$

$E_T = R_T I_B + V_{BE} + R_E(I_B(\beta + 1))$

$E_T = I_B(R_T + R_E(\beta + 1)) + V_{BE}$

$$I_B = \frac{E_T - V_{BE}}{R_T + R_E(\beta + 1)}$$

$$I_B = \frac{3 - 0{,}7}{37{,}5k + 76k\Omega + \dots}$$

$$I_B = \frac{2{,}3}{113{,}5k} = \boxed{20\,\mu A}$$

Није у зависности $V_{CC} \neq V_{CES}$

1 - X = 2

$V_B = V_{CC} - R_T I_D = 12 - 37{,}5k \cdot 20\mu A = 3 - 0{,}75 = \underline{2{,}25\,V}$

$V_E = 1{,}55$

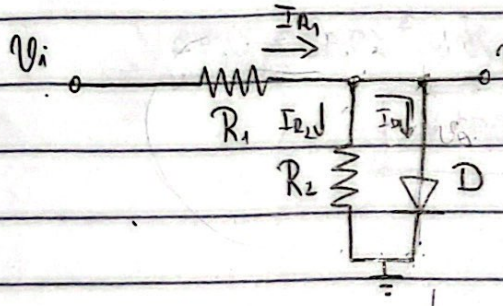
$V_{BC} = 2{,}25 - 12 = -9{,}75$ инверзно

$V_{BE} = 0{,}7 > 0{,}5$ директно

} Активна област!

Поправки К1 - 2022

1. Зависимост между R_1 и D_1 (идеал.)



$V_o = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_i \qquad V_i = \frac{R_1+R_2}{R_2} V_o$

- Имаме 2 случая:

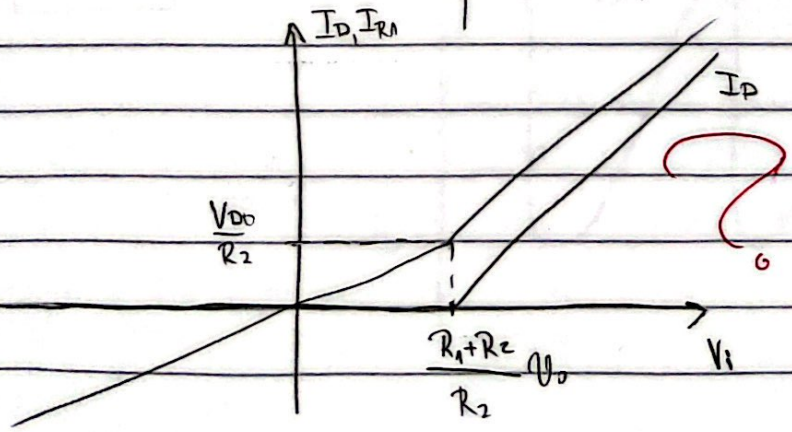
1° $V_I > \frac{R_1+R_2}{R_2} V_o$ - D гори

$I_{R_1} = \frac{V_i - V_D}{R_1}$

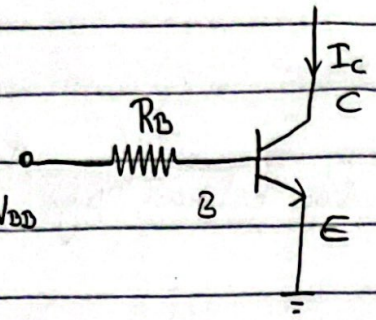
$I_D = \frac{V_i - V_D}{R_1} - \frac{V_D}{R_2}$

2° $V_I < \frac{R_1+R_2}{R_2} V_o$ - не гори

$I_{R_1} = \frac{V_I}{R_1+R_2} \qquad I_D = 0$



(2.) $\beta = 100$, $I_S = 7 \cdot 10^{-16} A$, $R_B = 10 k\Omega$, V_{BB} $I_C = 1 mA$, $V_t = 26 mV$



$V_{BB} = ?$

$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$

$\frac{I_C}{I_S} = e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$

$V_t \ln \frac{I_C}{I_S} = V_{BE}$

$V_{BE} = 26 \cdot 10^{-3} \ln \frac{1 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-16}} =$

$= 26 \cdot 10^{-3} \cdot 27{,}98 = 0{,}73 V$

$V_{BE} = 0{,}73 V$

$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 10 \mu A$

$V_{BE} = V_B$

$V_{BB} - V_B = I_B \cdot R_B$

$V_{BB} = I_B R_B + V_B$

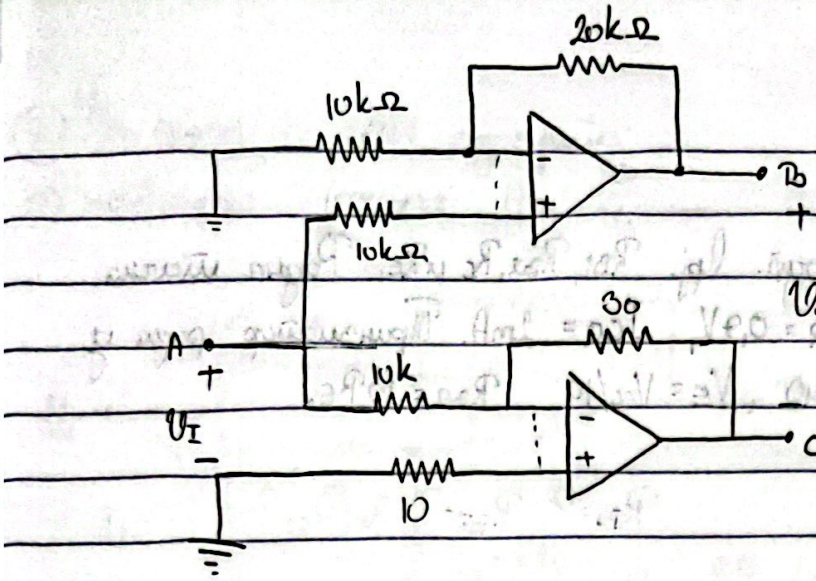
$V_{BB} = 0{,}1 + 0{,}73$

$V_{BB} = 0{,}83 V$

(3.) За појачавач сликом:

а) - шем. облик напона у B и C ако је V_I синусни са радним опсегом 1V

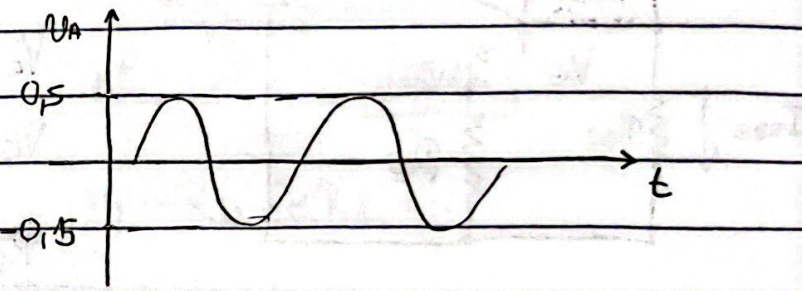
б) - одредити напонско појачање $\frac{V_o}{V_i}$ и скицирати V_o

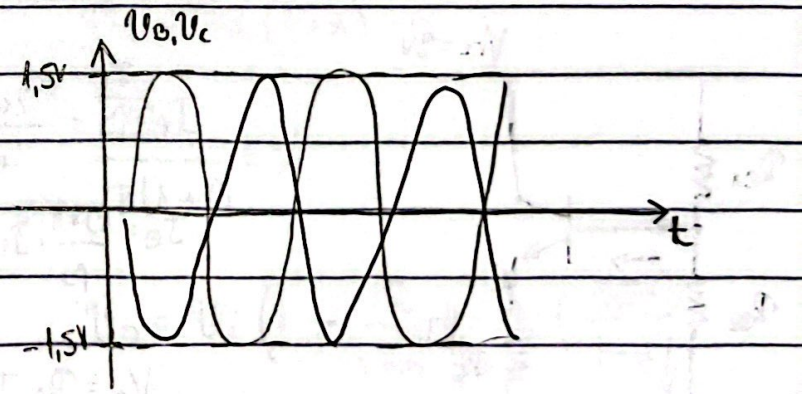


Прво појачавач је неинвертујући, а други инвертујући

$$\frac{V_B}{V_A} = 1 + \frac{20k}{10k} = 3V$$

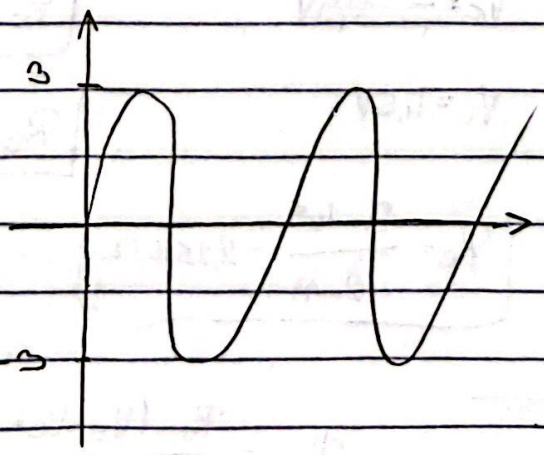
$$\frac{V_C}{V_A} = -\frac{30}{10} = -3V$$





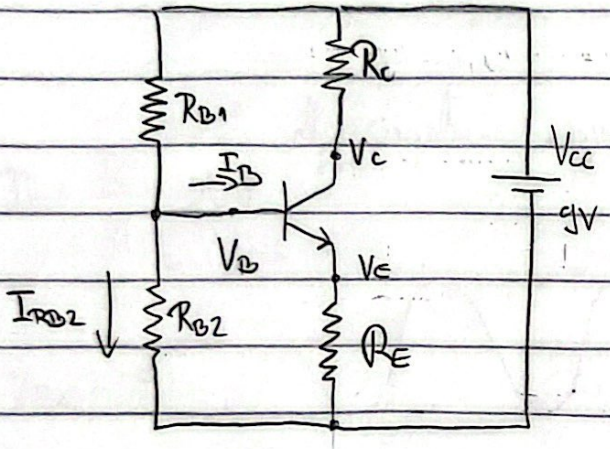
b) $V_o = V_B - V_C = 3V_A - (-3)V_A = 6V_A$

$$\boxed{\frac{V_o}{V_A} = 6}$$



Октобар 2022

3. За кола са слике одредити отп. ојј. R_{B1}, R_{B2}, R_C и R_E. Радна тачка дефинисана једнакостима: $V_{BEQ} = 0{,}7V$, $I_{CQ} = 2mA$. Транзистор ради у активној области $V_C = \frac{V_{CC}}{2}$. $\beta = 40$, $V_E = V_{CC}/10$ $R_{B2} = 10R_E$.



$R_{B1}=?$, $R_{B2}=?$ $R_C, R_E=?$

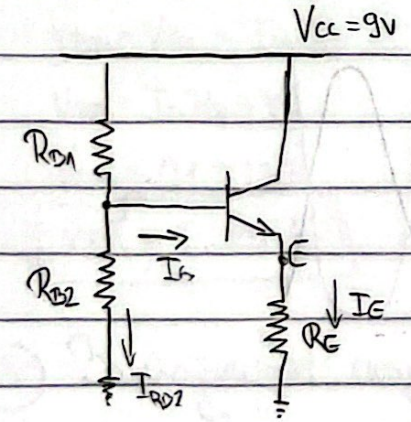
$V_{BEQ} = 0{,}7V$

$I_{CQ} = 2mA$

$V_C = \frac{V_{CC}}{2}$, $\beta = 40$

$V_E = \frac{V_{CC}}{10}$

$R_{B2} = 10R_E$



$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2mA}{40} = 50\mu A$

$I_C = 2mA$

$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} \cdot I_C = 2{,}05mA$

$V_E = R_E \cdot I_E \Rightarrow R_E = \frac{V_E}{I_E}$

$V_E = \frac{9}{10} = 0{,}9V$

$R_E = 439\Omega$

$V_B = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC}$

$V_C = 4{,}5V$

$R_{B2} = 4390\Omega$

$V_B \cdot R_1 + V_B \cdot R_{B2} = R_2 V_{CC}$

$V_B R_{B1} = R_{B2}(V_{CC} - V_B)$

$R_C = \frac{9-4{,}5}{2mA} = 2{,}25k\Omega$

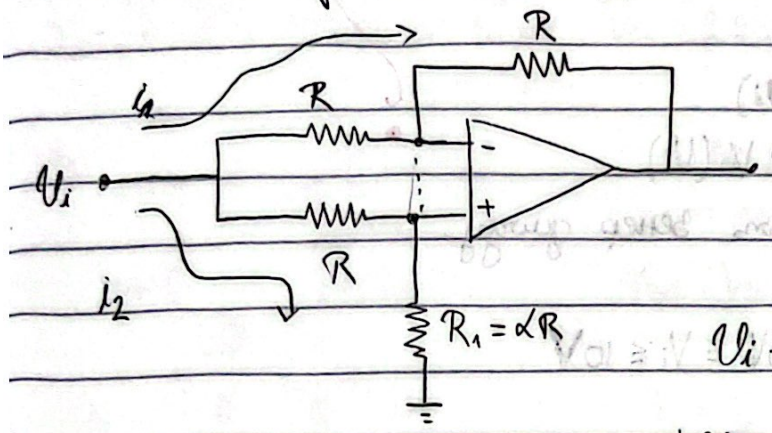
$V_B = 1{,}6V$

$R_{B2} = \frac{V_B \cdot R_{B1}}{V_{CC} - V_B} = 4{,}5$

$R_{B1} = \frac{R_{B2}(V_{CC}-V_B)}{V_B} = \frac{4390(9-1{,}6)}{1{,}6} = 20{,}3k\Omega$

③ За схемата са сиве определи:

а) Намерете изразът $A_v = \frac{v_o}{v_i}$.



$$v_i - (Ri_1 + Ri_1) - v_o = 0$$

$$\boxed{v_o = v_i - 2Ri_2}$$

$$i_1 R = i_2 R \Rightarrow \boxed{i_1 = i_2} = i$$

$$v_i - Ri_2 - \alpha R i_2 = 0$$

$$v_i - Ri(1+\alpha) = 0$$

$$\frac{v_i}{R(1+\alpha)} = i$$

$$v_o = v_i\left(1 - \frac{2}{1+\alpha}\right) = v_i\left(\frac{\alpha-1}{1+\alpha}\right)$$

$$\boxed{A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{\alpha-1}{\alpha+1}}$$

б) Кой α ви дава $A_v = 0{,}5$.

$$\frac{\alpha-1}{\alpha+1} = \frac{1}{2}$$

$$2\alpha - 2 = \alpha + 1$$

$$\boxed{\alpha = 3}$$

Септембар 1 - 2022

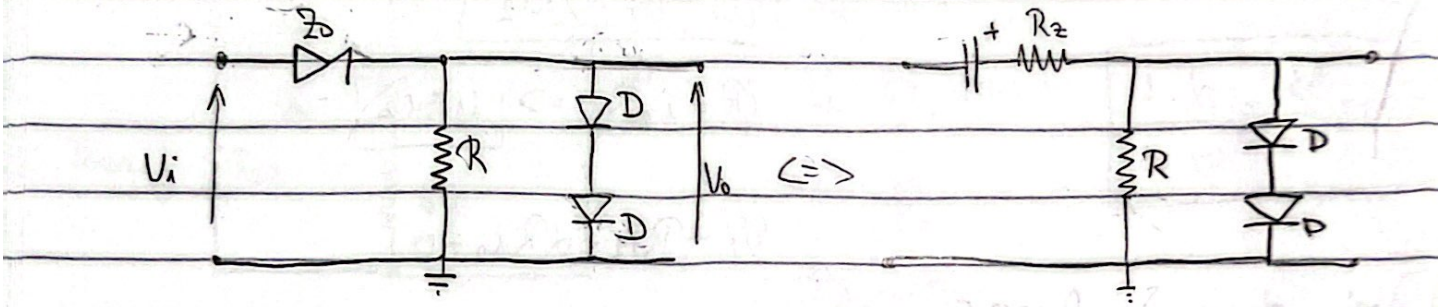
① За коло са слике одредити:

а) општи израз за напон $V_o(V_i)$

б) нацртати преносну карактеристику $V_o(V_i)$

в) одредити max I_{rj} струје кроз зенер диоду.

$V_F = V_D = 0{,}5V$, $V_Z = 5V$, $R = 1k\Omega$, $-10V \leq V_i \leq 10V$

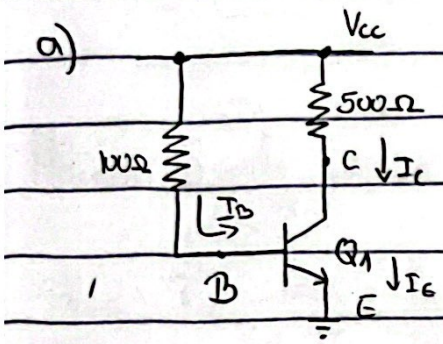


Кол 1- Задача

① Одредити режим рада биполарног транзистора.

$I_S = 6 \cdot 10^{-16}$, $\beta = 100$, $V_t = 26\ mV$, $V_{cc} = 2,5$. Занем. Ернјел еф.

а)



$I_B = \beta I_C$, $I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C$, $I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_{tn}}}$ (1)

$V_{BE} = V_B$ $V_B = V_{cc} - 100 I_B = V_{cc} - 100 \cdot \beta I_C$

$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{cc} - 100\beta I_C}{V_{tn}}}$ $/ : I_S$

$\frac{I_C}{I_S} = e^{\frac{V_{cc} - 100\beta I_C}{V_{tn}}}$

$I_C = \frac{V_{cc} - V_B}{100\beta}$ (2

(1) = (2)

$I_S e^{\frac{V_B}{V_{tn}}} = \frac{V_{cc} - V_B}{100\beta}$

$e^{\frac{V_B}{V_{tn}}} = \frac{V_{cc} - V_B}{\dots}$

$\frac{I_C}{I_S} = e^{\frac{V_{cc} - 100\beta I_C}{V_{tn}}}$

$\frac{I_C}{I_S}$

$V_C = V_{cc} - 500 I_C$

Пробни конкурсни - А 2022

1. ④ D_2, D_4 - идеални

D_1, D_3 - реални

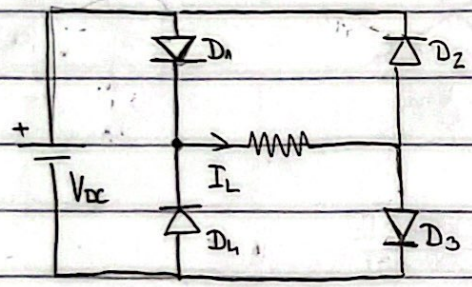
$I_L, I_p = ?$ $(V_D = 0{,}7V,\ r_d = 3\Omega)$

$V_Z = 5V,\ r_Z = 0\Omega$

$V_{DC} = 12V$

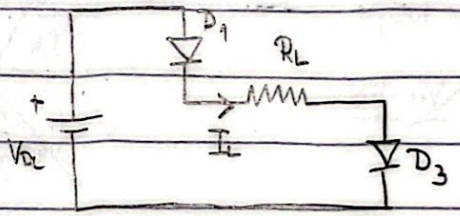
$R_L = 100\Omega,\ R_1 = 5k\Omega,\ R_p = 10k\Omega$

а)



$I_L = ?$

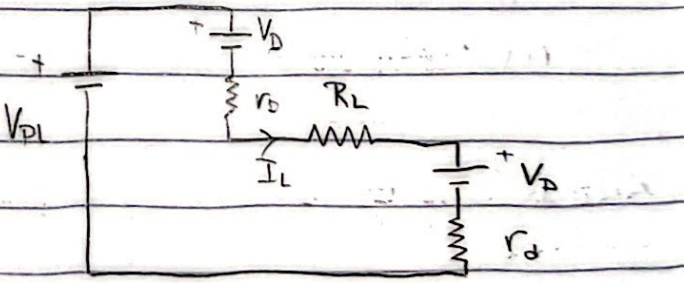
Водиме гранке D_1 и D_3:



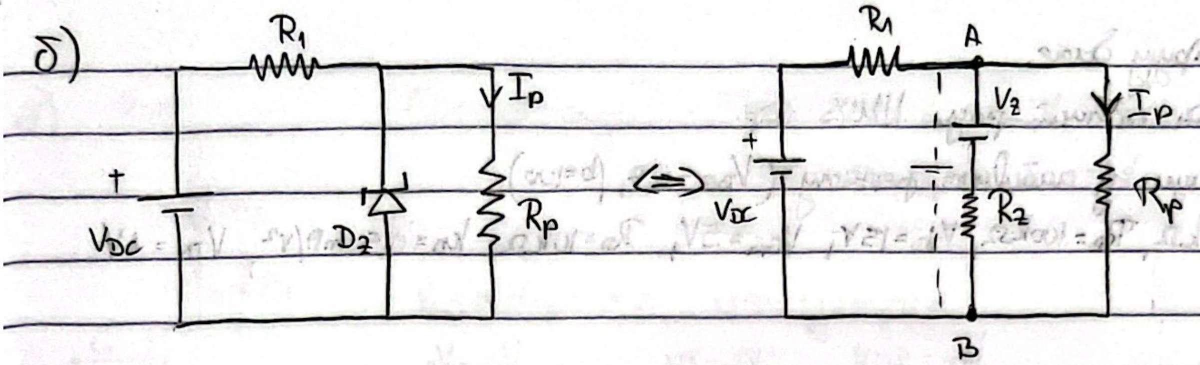
$$I_L = \frac{V_{DL} - 2V_D}{R_L + 2r_d} =$$

$$= \frac{10{,}6}{106} = 0{,}1A$$

$$\boxed{I_L = 10mA}$$



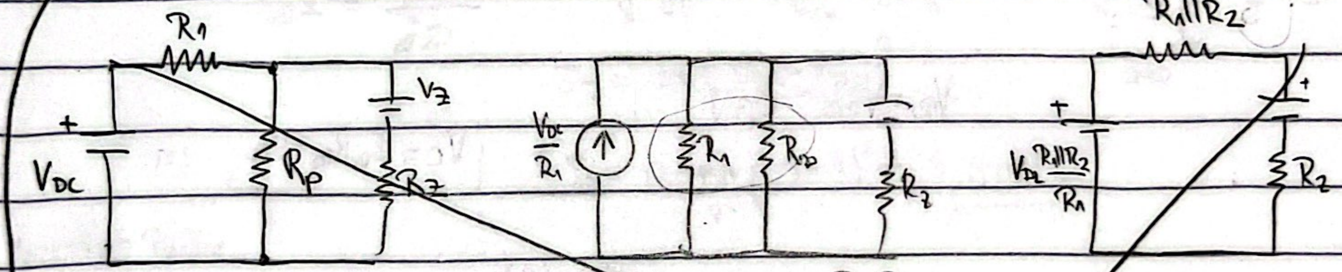
б)



Напон између тачака A и B можемо израчунати као разделник напона — добити (када не би било Зенер диоде)

$$V_{AB} = R_p \frac{V_{DC}}{R_p+R_1} = \frac{10}{15}\cdot 12 = 8{,}04V$$

$$I_p = \frac{V_{AB}}{R_p} = \frac{8{,}04}{10k} = 0{,}8mA$$



$$R_1||R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$$

$$I_p = \frac{V_{DC}\frac{R_2}{R_1+R_2} - V_Z}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+R_Z}$$

$$I_p = \frac{V_{DC}R_2 - V_Z(R_1+R_2)}{R_1R_2 + R_Z(R_1+R_2)} = \frac{12\cdot 10k - 5k(15)}{5k\cdot 10k} = \frac{45\cdot 10^3}{50\cdot 10^{6}} = 0{,}9mA$$

На основу овога закључујемо да диода води: отпорност диоде је 0, па имамо

$$I_p = \frac{V_Z}{R_p} = \frac{5}{10k} = 0{,}5mA$$

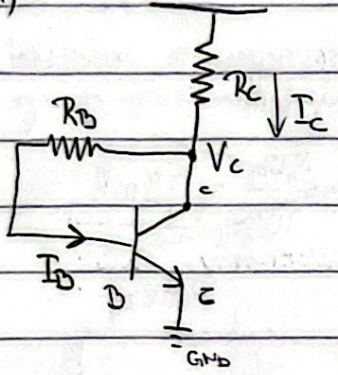
(2.) а) Наћи струју базе.

б) Одредити радну тачку NMOS тр.

Бип. транз. ради у активном режиму ($V_{BE}=0,7$, $\beta=100$)

$V_{CC}=20V$, $R_C=1k\Omega$, $R_B=100k\Omega$, $V_{DD}=15V$, $V_{GG}=5V$, $R_D=10k\Omega$, $k_n=0,5\ mA/V^2$, $V_{TN}=1V$

а)



$V_{CC}=20V$ $V_{tn}=1V$ $\frac{V_{CC}-V_C}{R_C}=I_C$

$R_C=1k\Omega$

$R_B=100k\Omega$ $I_C=I_B\cdot\beta$ $V_{CC}-I_B\beta R_C=V_C$

$V_{BE}=0,7V$

$\beta=100$

$\frac{V_C-V_B}{R_B}=I_B$

$V_B=V_{BE}=0,7V$

$V_C=I_BR_B+V_B$ (2)

(1)=(2)

$V_{CC}-I_B\beta R_C=I_BR_B+V_B$

$V_{CC}-V_B=I_B(R_B+\beta R_C)$

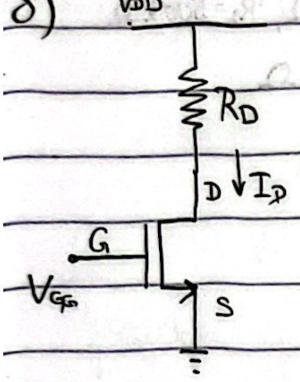
$I_B=\frac{V_{CC}-V_B}{R_B+\beta R_C}=\frac{20-0,7}{100k+100\cdot 1k}=$

$=\frac{19,3}{200k}=96,5\mu A$

$I_B=96,5\mu A$

б) Област рада? $V_{DD}=15V$, $V_{GG}=5V$, $R_D=10k\Omega$,

$k_n=0,5\ mA/V^2$, $V_{TN}=1V$



$V_{GS}=V_{GS}$

$V_{GS}>V_{TN}$ => тр. укључен.

Претпоставимо област засићења:

$V_{DS}\ge V_{GS}-V_{TN}$

- У том случају струју дрејна рачунати као:

$$I_D = k_n(V_{GS}-V_{TN})^2$$

$$I_D = 0,5\frac{mA}{V^2}(5-1)^2V^2 = 8mA$$

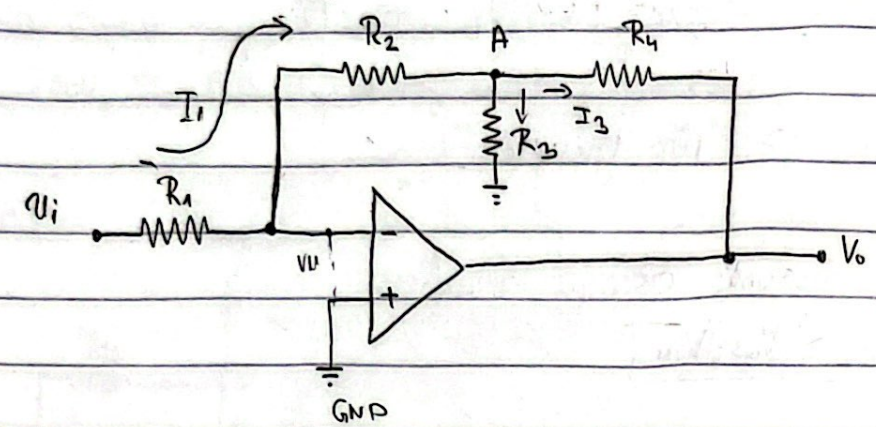
$V_{DD}-V_D=R_DI_D$

$V_{DD}-R_DI_D=V_D$

$15-80=-65V$ -> Добијени напон је по апс. вр. већи од напона напајања у колу + нег.

Закључак: NMOS ради у триодној области.

③. Напи R_4, ако $AV = \frac{V_o}{V_i} = -120$. Опер. појачавач је идеалан. $R_1 = 1M\Omega$, $R_2 = 500k\Omega$, $R_3 = 100\Omega$



$\frac{V_o}{V_i} = -120$

- Идеалан оп. појачавач $A_0 \to \infty$, $R_0 \to 0$, $R_{in} \to \infty$ - Инвертујући појачавач:

VM - виртуелна маса

$\frac{V_i}{R_1} = I_1$ $\quad I_1 \cdot R_2 = -V_A$ $\quad \frac{V_A - V_o}{R_4} = I_3$ $\quad I_3 = I_1 - I_2$

$\frac{V_A}{R_3} = I_2$

$\frac{V_i}{R_1} \cdot R_2 = -V_A$

$V_i \frac{R_2}{R_1} = -V_A$

$\frac{-V_i \frac{R_2}{R_1}}{R_3} = I_2$

$-\frac{V_i R_2}{R_1 R_3} = I_2$

$I_3 = \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_i R_2}{R_1 R_3}$

$\boxed{I_3 = \frac{V_i (R_3 + R_2)}{R_1 R_3}}$ (1)

$I_3 = \frac{1}{R_4}\left(V_i \frac{R_2}{R_1} - V_o\right)$

$\boxed{I_3 = \frac{V_i R_2 - R_1 V_o}{R_4 R_1}}$ (2)

(1) = (2)

$\frac{V_i (R_3 + R_2)}{R_1 R_3} = \frac{V_i R_2 - R_1 V_o}{R_4 R_1} \quad / \cdot R_1$

$\frac{V_i (R_3 + R_2)}{R_3} = \frac{V_i R_2 - R_1 V_o}{R_4} \Rightarrow R_4 = \frac{(V_i R_2 - R_1 V_o) R_3}{V_i (R_3 + R_2)} =$

$= \frac{V_i R_2 R_3}{V_i (R_3 + R_2)} - \frac{R_1 R_2 V_o}{(R_3 + R_2) V_i} =$

$$= \frac{R_2 R_3}{(R_3+R_2)} - \frac{R_1 R_2}{(R_3+R_2)}(-12v) = \frac{500k \cdot 100}{500k+100} + 12v \cdot \frac{1\cdot10^6 \cdot 500\cdot10^3}{100+500k} =$$

$$= \frac{500\cdot10^3\cdot100 + 12v \cdot 5\cdot10^9}{500\cdot10^3+100} =$$

$$= \frac{5\cdot10^7 + 600\cdot10^9}{500100} = \frac{6\cdot10^{11}}{500100}$$

Грешка у рачуну! $= 1199\ k\Omega$

OEDT - 1. кол, 2022 - Група В

① $D_2 - D_4$ - идеални

$D_1 - D_3$ - реални диоди

$V_D = 0{,}7V$, $r_d = 3\Omega$

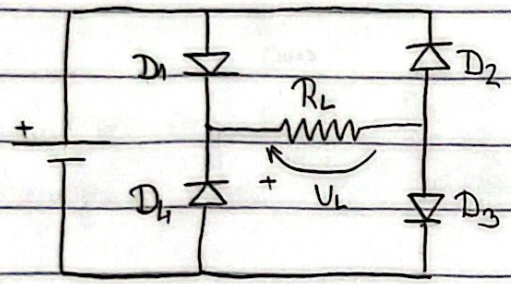
$V_Z = 5V$, $r_Z = 0\Omega$

$V_{DC} = 15V$

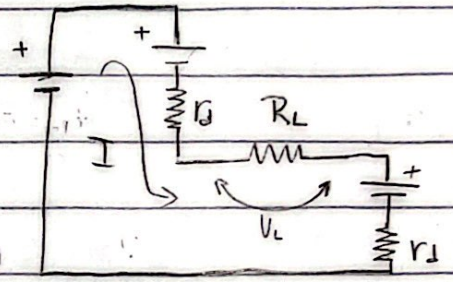
$R_L = 130$, $R_1 = 5k\Omega$, $R_p = 8k\Omega$

$U_L = ?$

а)



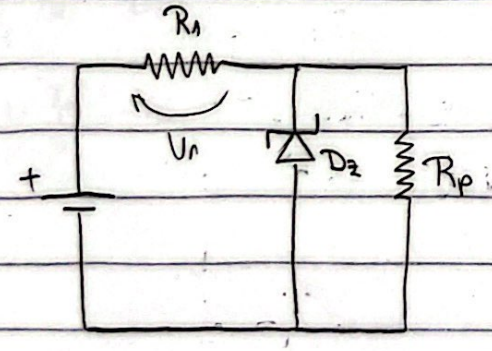
D_1 и D_3 диоди



$$I_L = \frac{15 - 1{,}4}{136} = 0{,}1A$$

$$U_L = I \cdot R_L = 0{,}1 \cdot 130 = 13V$$

б)

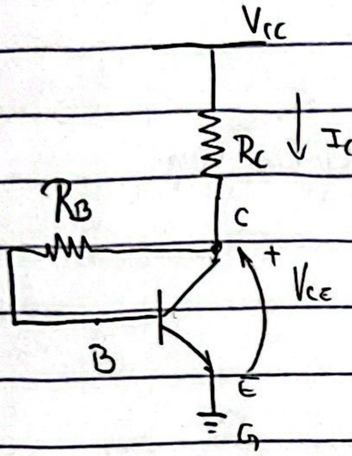


2. a) $V_{CG} = ?$

б) област рада NMOS

анализ BJT, ($V_{BE} = 0{,}7V$, $\beta = 100$) $V_{CC} = 20V$ $R_C = 1k\Omega$

$R_B = 93k\Omega$, $V_{DD} = 15V$, $V_{GG} = 5V$, $R_D = 1k\Omega$, $k_n = 0{,}5\ mA/V^2$, $V_{TN} = 1V$



$V_{CE} = ?$

$V_{BE} = 0{,}7V$

$\beta = 100$

$V_{CC} = 20V$

$R_C = 1k\Omega$

$R_B = 93k\Omega$

$V_B = 0{,}7V$ $\quad V_C = V_{CC} - R_C I_C$

$$\left.\begin{aligned} I_C &= \beta \cdot I_B \\ I_B &= \frac{V_C - V_B}{R_B} \end{aligned}\right\} I_C = \beta \cdot \frac{V_C - V_B}{R_B}$$

$$V_C = V_{CC} - R_C \cdot \beta \cdot \frac{V_C - V_B}{R_B} \quad / \cdot R_B$$

$$V_C R_B = V_{CC} R_B - R_C \beta (V_C - V_B)$$

$$V_C R_B + R_C \beta V_C = V_{CC} R_B - R_C \beta V_B$$

$$V_C (R_B + R_C \beta) = V_{CC} R_B - R_C \beta V_B$$

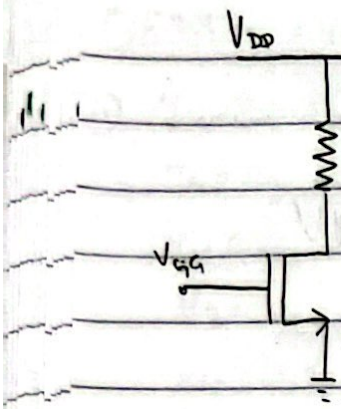
$$V_C = \frac{V_{CC} R_B - R_C \beta V_B}{R_B + R_C \beta}$$

$$V_C = \frac{20 \cdot 93k - 1k \cdot 100 \cdot 0{,}7}{93k + 1k \cdot 100}$$

$$V_C = \frac{1790k}{193k}$$

$$\boxed{V_C = 9{,}27V}$$

$$\boxed{V_{CE} = 9{,}27V}$$



$V_{DD} = 15V$

$V_{GG} = 5V$

$R_D = 1k\Omega$

$k_n = 0{,}5\ mA/V^2$

$V_{TN} = 1V$

$V_{GS} = V_{GG}$ $V_{GS} > V_{TN}$ → увеличен ивр.

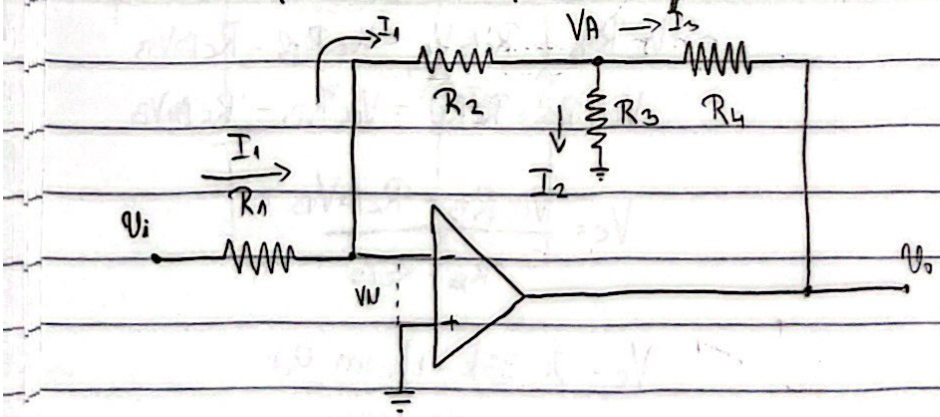
Тип. засищане: $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TN}$

$I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2 = 0{,}5 \frac{mA}{V^2} (4)^2 V^2 = \underline{8\ mA}$

$V_D = V_{DD} - R_D I_D = 15 - 8mA \cdot 1k\Omega = 7V$ $7V > 4V$ → засищане!

③ $R_4 = ?$ $A_V = -100$ $\left(\frac{v_o}{v_i} = -100\right)$, Усилвател инвертиращ.

$R_1 = 800\ k\Omega$, $R_2 = 500\ k\Omega$, $R_3 = 100\ k\Omega$



VM – виртуална маса $I_1 = \frac{v_i}{R_1}$, $I_1 = \frac{-V_A}{R_2}$ } $\frac{v_i}{R_1} = \frac{-V_A}{R_2}$

$v_i R_2 = (v_i - V_A) R_1$

$v_i R_2 = v_i R_1 - V_A R_1$

$v_i (R_2 - R_1) = -V_A R_1$

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

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

$$\frac{v_o}{v_i} = -100$$

$$I_1 = \frac{v_i}{R_1}, \quad I_1 = \frac{-V_A}{R_2}$$

$$\frac{v_i}{R_1} = \frac{-V_A}{R_2} \qquad -\frac{R_2}{R_1} v_i = V_A$$

$$I_3 = \frac{V_A - v_o}{R_4} = \frac{1}{R_4}\left(-\frac{R_2}{R_1} v_i - (-100\, v_i)\right)$$

$$I_3 = \frac{1}{R_4}\left(-\frac{R_2}{R_1} v_i + 100\, v_i\right)$$

$$I_2 = \frac{V_A}{R_3} = \frac{-\frac{R_2 v_i}{R_1}}{R_3} = \frac{-R_2 v_i}{R_1 R_3}$$

$$I_3 = \frac{1}{R_4}\left(v_i\left(100 - \frac{R_2}{R_1}\right)\right)$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = \frac{v_i}{R_1} + \frac{R_2 v_i}{R_1 R_3}$$

$$I_3 = \frac{\frac{R_2}{R_1} v_i}{R_2} + \frac{R_2 v_i}{R_1 R_3}$$

$$I_3 = \frac{}{R_1 R_3}$$

$$\frac{1}{R_4}\left(v_i\left(100 - \frac{R_2}{R_1}\right)\right) = \frac{v_i R_3 + R_2 v_i}{R_1 R_3}$$

$$\frac{1}{R_4}\left(100 - \frac{R_2}{R_1}\right) = \frac{R_3 + R_2}{R_1 R_3}$$

$$R_4 = \frac{100 - \frac{R_2}{R_1}}{\frac{R_3 + R_2}{R_1 R_3}}$$

$$\frac{1}{R_4}\left(v_i\left(100 - \frac{R_2}{R_1}\right)\right) = v_i\left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1 R_3}\right)$$

$$R_4 = \frac{v_i\left(100 - \frac{R_2}{R_1}\right)}{v_i\left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1 R_3}\right)} = \frac{\frac{100R_1 - R_2}{R_1}}{\frac{R_3 + R_1 R_2}{R_1 R_3}}$$

$$R_4 = \frac{(100R_1 - R_2)R_3}{R_3 + R_1 R_2}$$

$$R_4 = \frac{(100 \cdot 80k - 50k)\,100k}{100k + 80k \cdot 50k} =$$

$$= \frac{7{,}95 \cdot 10^{12}}{4 \cdot 10^{11}}$$

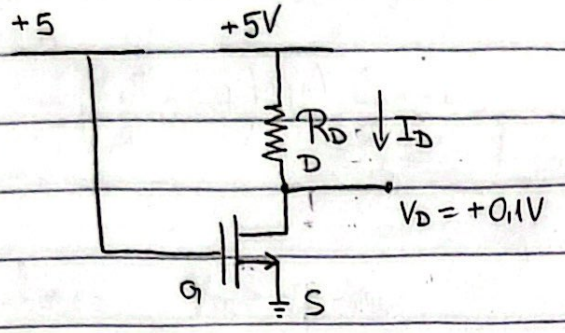
$$R_4 = 19{,}9\,\Omega$$

$$R_4 = \frac{\frac{100R_1 - R_2}{R_1}}{\frac{R_3 + R_2}{R_1 R_3}} = \frac{(100R_1 - R_2)R_3}{R_3 + R_2} = 15{,}89\,k\Omega$$

$$R_4 = 15{,}89\,k\Omega$$

Питајући кол 2023

(*) Пројек. кола тако да напон на дрејну буде 0,1 V. Која је струјна веза између дрејна и извора у том случају? $V_{tn} = 1V$, $k_n = 0,5\ mA/V^2$



~~$V_{DS} = ?$~~

$r_{ds} = ?$

$V_G = 5V$, $V_{GS} = 5\ V$, $V_{GS} > V_{tn}$ => пр. он $\boxed{V_{DS} = 0,1V}$

Претпостављамо да је пр. у засићењу:

~~$V_{DS} \geq (V_{GS} - V_{tn})$~~ $I_D = k_n (V_{GS} - V_{tn})^2$

$I_D = \frac{1}{2}(16) = \boxed{8mA}$ $\boxed{I_D = 8mA}$

$R_D = \frac{5 - 0,1}{8mA} = 612,5\ \Omega$ $\boxed{R_D = 612,5\ \Omega}$

У линеарној је струјна једначина:

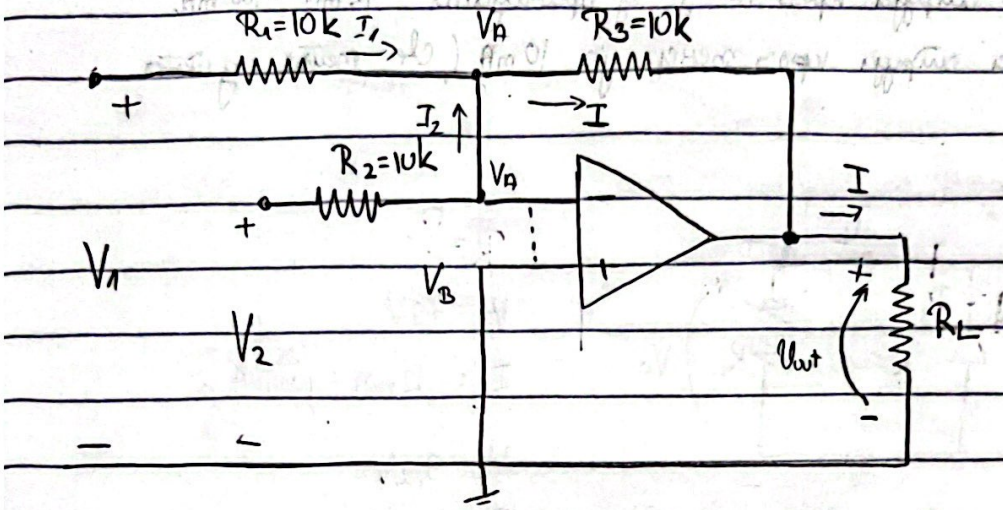
$I_D = k_n [2(V_{GS} - V_{tn}) V_{DS} - V_{DS}^2]$

$I_D = 0,5 (2 \cdot 4 \cdot 0,1 - 0,1^2) = 0,395A = 395\mu A$

$\boxed{R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = 12,4k\Omega}$ $r_D = \frac{V_{DS}}{I_D} = \frac{0,1}{395\mu A} = 2,53 \cdot 10^2$

$\boxed{r_D = 253\ \Omega}$

⊕ Израчунати U_{ul} у функцији V_1 и V_2. Коју функцију обавља коло?



У писаној је инвертујући појачавач:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \qquad I_2 = \frac{V_2}{R_2} \qquad I = I_1 + I_2$$

$$I = -\frac{U_0}{R_3}$$

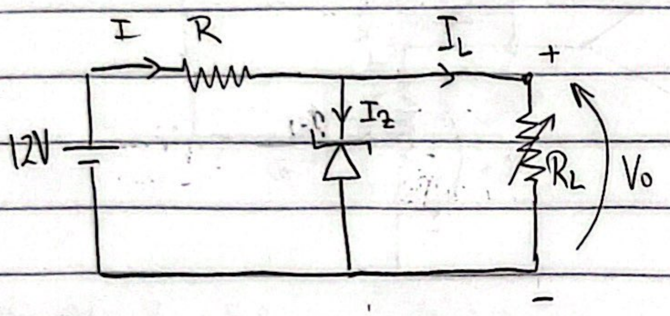
$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{U_0}{R_3}$$

$$-R_3 \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 R_2} = U_0$$

$$-10k \frac{10k V_1 + 10k V_2}{10k \cdot 10k} = -\frac{10k(V_1+V_2)}{10k} = -(V_1+V_2) = U_0$$

– инвертује и сабира

1. Наћи врј. отпорника R тако да напон на отпорнику R_L (промј.) буде константан. $V_0 = 7{,}2V$. Струја кроз R_L је у границама $12mA \div 100 mA$. $V_Z = 7{,}2V$, а минимална струја кроз зенер је 10 mA (ако мање од тога -> зенер је празну)



$R = ?$

$V_0 = 7{,}2V,$

$I_L: 12mA \div 100 mA$

$V_Z = 7{,}2V$

$I_{Zmin} = 10mA$

$$R = \frac{12V - V_0}{I_Z + I_L}$$

$V_R = 12 - 7{,}2 = 4{,}8V$

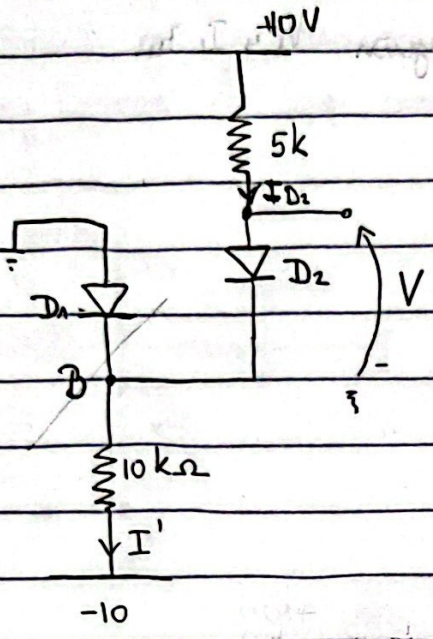
$I_{Zmin} = 10mA$

$I_{Lmax} = 100 mA$

$$R = \frac{4{,}8}{110} = 43{,}5\Omega$$

Февруар 2023

1.)



Диоде D_1 и D_2 су идеални.

Пронаћи I и V.

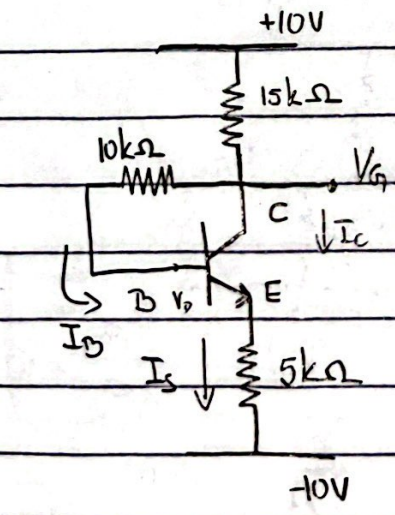
Нека: D_2 - лиди

D_1 - не лиди

$$I = \frac{10-(-10)}{(5+10)k} = \frac{20}{15} = 1{,}33\,mA$$

$$V_{D_2} = 10 - 5 \cdot 1{,}33 = 3{,}35\,V$$

2.) Пронаћи V_G и I_S. $V_{BE} = 0{,}7\,V$, $\beta \to \infty$



$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \emptyset \qquad I_C = \beta \cdot I_B$$

$$V_G + I_B \cdot 10k\Omega = V_B$$

$$10 - V_G = 15k \cdot I_C$$

$$V_G = 10 - 15k \cdot \beta I_B$$

$$10 - 15k \cdot \beta I_B - I_B \cdot 10k\Omega = V_B$$

$$I_B (10 - 15 \cdot 10^3 \cdot \infty$$

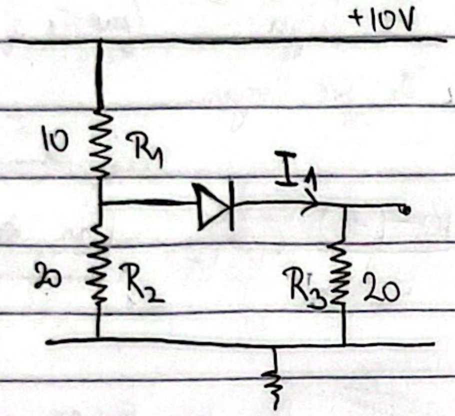
$I_C = I_E$

Припрема за први колоквијум - 2023

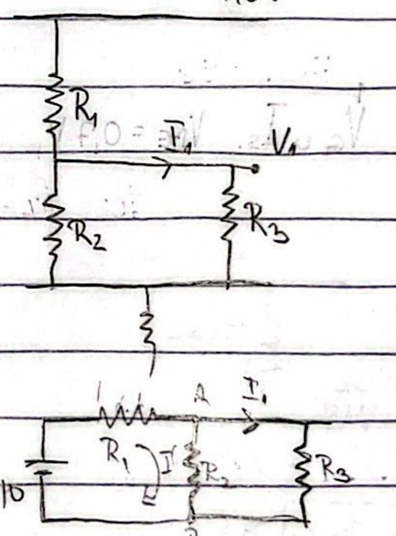
① За диодно коло приказано на слици одредити V_1 и I_1 за:

а) случај идеалне диоде

б) идеализована диода ($U_F = 0{,}7\,V$)



а) диода идеална - води



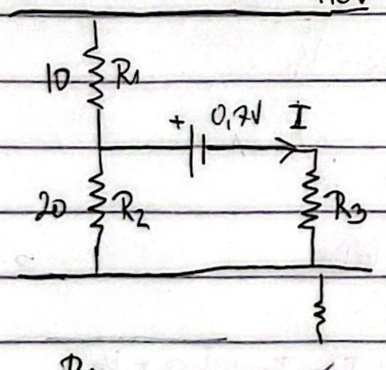
$$R_2 \| R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 10$$

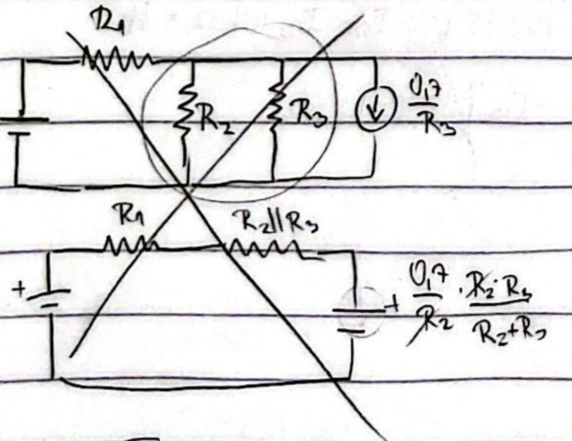
$$I' = \frac{10}{20} = 0{,}5\,A$$

$$V_1 = V'_{AB} = \frac{R_2\|R_3 \cdot 10}{R_1 + R_2\|R_3} = \frac{10}{20} \cdot 10 = 5$$

$$I_1 = \frac{5}{20} = 0{,}25$$

б) идеализована диода:

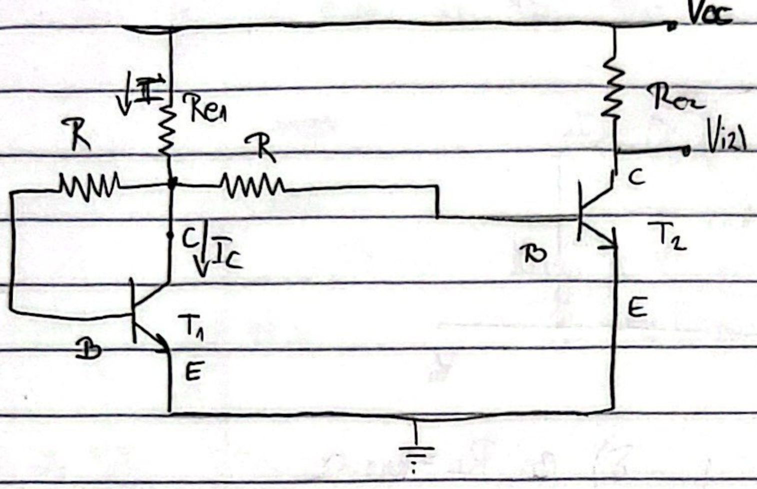




Пример: с.п. посматрати само када имамо

(1)

2.) За коло одредити опште изразе за струје кроз отпорнике R_{C1} и R_{C2}. Сматрати да транзистори имају идентичне параметре. (β, V_{BE}) и да су познате све вред. елем.



β, V_{BE}

$I' = 2I_B + I_{C1}$

I'

$V_{B1} = V_{B2} = V_{C1} - I_B R = V_{BE}$

$I_{C2} = \beta I_B$

$V_{C1} = V_{CC} - I' \cdot R_{C1}$ $\quad V_{C2} = V_{CC} - R_{C2} \cdot I_{C2}$

$I = 2I_B + I_{C1}$

$V_{C1} = V_{BE} + I_B R$

$V_{CC} - I' R_{C1} = V_{BE} + I_B \cdot R$

$$I' = \frac{V_{CC} - V_{BE} - I_B R}{R_{C1}}$$

$I' - 2I_B = I_{C1}$

$$\frac{V_{CC} - V_{BE} - I_B R}{R_{C1}} - 2I_B = \beta I_B$$

$V_{CC} - V_{BE} - I_B(R + 2) = R_{C1} \beta I_B$

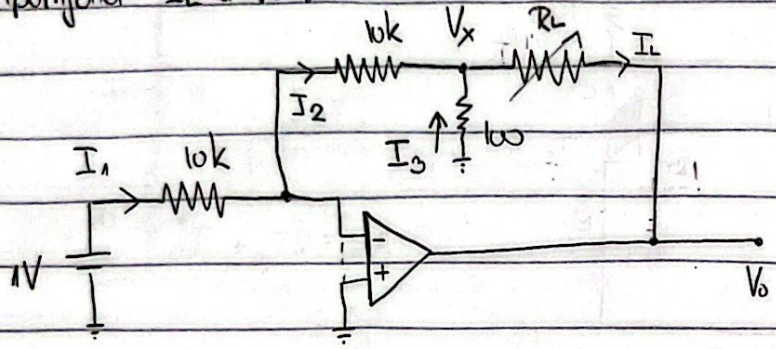
$V_{CC} - V_{BE} = I_B(R_{C1}\beta + R_{C1}+$

③ - Идеалан операциони појачавач

а) Струје I_1, I_2, I_3? V_x=?

R_L (100Ω ÷ 1kΩ)

б) Промјена I_L и V_0?



а)

$$I_1 = \frac{1}{10k} = 0{,}1\,mA$$

$I_2 = I_1$ $\quad I_2 = 0{,}1\,mA$

$$I_2 = \frac{-V_x}{10k} \quad V_x = -1\,V$$

$$I_3 = \frac{-(-1)}{100} = +10\,mA$$

б) За $R_L = 100\,\Omega$

$I_L = I_2 + I_3 = 10{,}1\,mA$

$V_0 = V_x - R_L \cdot I_L$

$V_0 = -1 - 100 \cdot 10{,}1\,mA = -2{,}01\,V$

$R_L = 1k\Omega$

$V_0 = -1 - 10{,}1 = -11{,}1\,V$

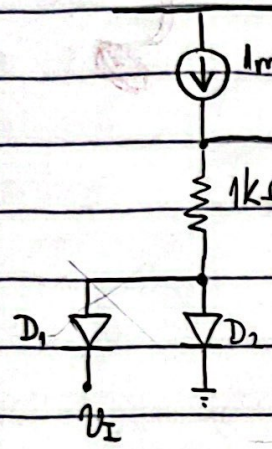
V_0 је у распону $(-11{,}1 \div -2{,}01)$

Април 2023 - К1

① - симулирати таласни облик v_o, D_1 и D_2 - идеални,
v_I - пијени се по синусном закону, $f = 1kHz$, $A = 10V$.
Максимум поз. и мин. негат. врј. v_o?

$T = \frac{1}{f} =$

+15V



$V_I = 10V$ ю Anincut
10

Када је V_I на поз ситуација
D_1 - не води

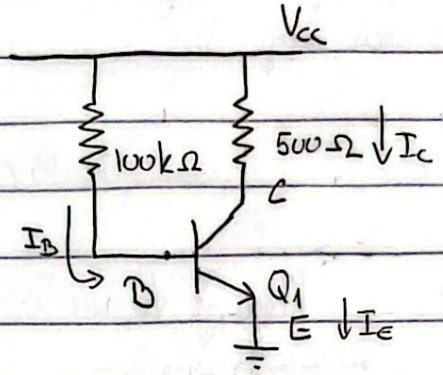
① Одредити ренит рада бипсарног транзистора:
(занет. Ермуд еф.)

$I_S = 6 \cdot 10^{-16}\ A$

$\beta = 100$

$V_t = 26\ mV$

$V_{CC} = 2{,}5\ V$



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_B}{100\,k\Omega}$$

$$V_{BE} = V_B$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{500\Omega} \qquad I_C = I_B \cdot \beta \qquad V_C = V_{CC} - I_C 500$$

$$\frac{V_{CC} - V_B}{100k\Omega}\beta = \frac{V_{CC} - V_C}{500\Omega}$$

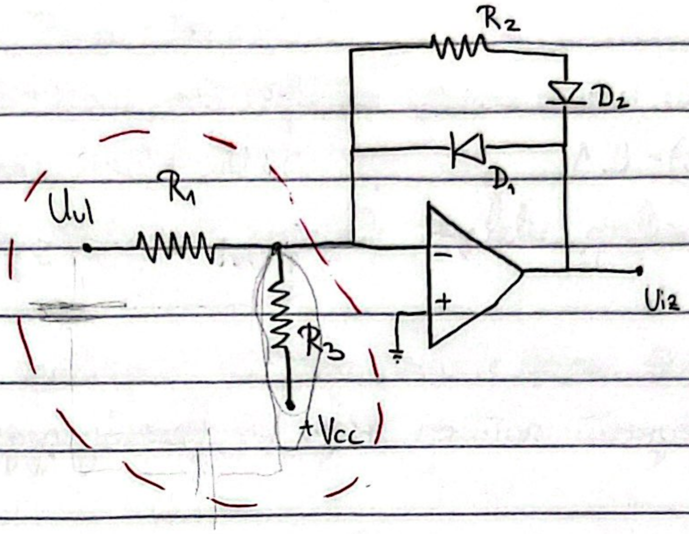
$$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_{th}}}$$

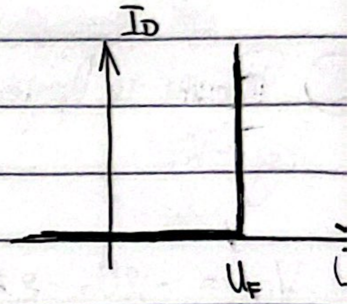
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_{th}}}}{\beta}$$

$$V_{TH} \ln \frac{I_B \beta}{I_S} = V_{BE}$$

За коло са слике одредити и скицирати зависност напона U_{iz} од напона U_{ul}, када се U_{ul} мијења у распону: $-5V \div 5V$.
Диоде су идентичне са карактер. са слике.

$V_{CC} = 15V$
$R_1 = 1k\Omega$
$R_2 = 2k\Omega$
$R_3 = 4k\Omega$
$U_F = 0,6V$





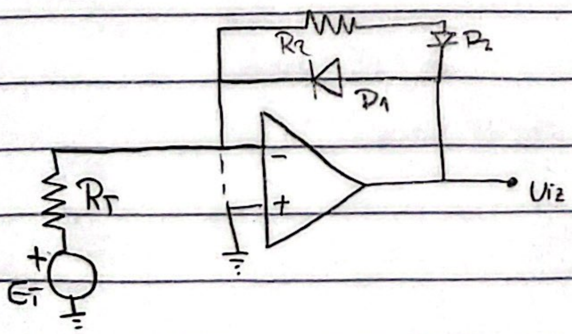
(идеализ...

Означени дио кола мијењамо Тевененовим генератором.

~~$R_T = R_1 \| R_3 = \frac{2}{3} k\Omega = 0,67 \approx 670\ \Omega$~~

$R_T = \frac{4}{5} = 0,8\ k\Omega$ $\qquad R_T = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$

$U_T = R_3 \cdot \frac{U_{UL}}{R_1 + R_3} + R_1 \cdot \frac{V_{CC}}{R_1 + R_3}$ $\qquad \boxed{U_T = 0,8\, U_{UL} + 3}$



Посматрамо различите случајеве.

1° $U_T < 0 \Rightarrow D_1$ води, D_2 не води

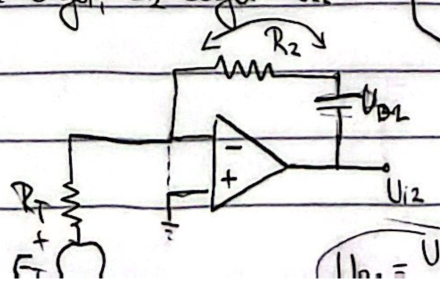
$U_{iz} = U_F$

$U_T = 0,8 U_{ul} + 3 < 0$

$U_{ul} < \frac{-3}{0,8}$, $\boxed{U_{ul} < -3,75V}$

2° $U_T > 0 \Rightarrow D_1$ не води, D_2 води U_{R2}

$V_{iz} = -(U_{R2} + U_{D2})$



$U_{R2} = \frac{U_T}{R_T} \cdot R_2$ $\qquad U_{D2} = U_F$

$$U_{iz} = -\frac{R_2}{R_T} U_T - U_F$$

$$U_{iz} = -\frac{2}{0{,}8} \cdot (0{,}8 U_{UL} + 3) - 0{,}6 = -2U_{UL} - 7{,}5 - 0{,}6 = -2U_{UL} - 8{,}1$$

$U_{iz} = -2U_{UL} - 8{,}1$

$U_T > 0$

$U_{iz} = -2 \cdot (-3{,}75) - 8{,}1$

$0{,}8 U_{UL} + 3 > 0$

$\boxed{U_{iz} = -0{,}6V}$

$\boxed{U_{UL} > -3{,}75}$

3° Тражи се вриједност напона која на излазу даје напон већи од $-V_{CC}$

$V_{iz} = -2U_{UL} - 8{,}1$

$V_{iz} = -V_{CC} \Rightarrow -V_{CC} = -2U_{UL} - 8{,}1 \quad / \cdot (-1)$

$V_{CC} = 2U_{UL} + 8{,}1$

$$U_{UL} = \frac{V_{CC} - 8{,}1}{2}$$

$$U_{UL} = \frac{6{,}9}{2}$$

$\boxed{U_{UL} = 3{,}45V}$

Општи израз за излазни напон:

$$U_{iz} = \begin{cases} U_F; & U_{UL} < -3{,}75 \\ -2U - 8{,}1; & -3{,}75 \leq U_{UL} < 3{,}45 \\ -15V, & U_{UL} \geq 3{,}45 \end{cases}$$

Припрема за колоквијум - 2023

1. Зенер диода у спој. са слике има следеће параметре:

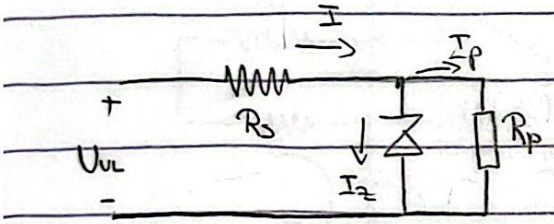
$U_Z = 6V$, $I_{Zmin} = 4mA$, $P_{Zmax} = 200\,mW$

Потрошач је $R_p = 200\,\Omega$, док најмањи улазни напон износи 10V.

а) израчунати R_{Smax}

б) За израчунату струјни струјни највећи дозвољени улазни напон U_{ULmax}

в) Колика снага се дисипира на диоди ако се прекине потрошач R_p односно при напону U_{ULmax}?



$P = RI^2 = U \cdot I$ $\quad U = I \cdot R$ $\quad I = \frac{U}{R}$

$U_Z = 6\,V$

$I_{Zmin} = 4\,mA$

$P_{Zmax} = 200\,mW$

$R_p = 200\,\Omega$

$U_{UL\,min} = 10\,V$

$R_{Smax} = ?$ $\quad U_{UL\,max} = ?$

~~$P_{Zmax} = 200\,mW$~~

~~$P_Z = ?$~~

Вриједност потрошача је константна за минималну вриједност струје.

$I_{min} = I_{Z_{min}} + I_p =$

$= 4\,mA + 30\,mA = \underline{34\,mA}$

$I_p = \frac{U_Z}{R_p} = \frac{6V}{200\,\Omega} = \underline{30\,mA}$

$R_{Smax} = \frac{U_{UL\,min} - V_Z}{I_{min}} = \frac{4}{34mA}$ $\quad \underline{R_{Smax} \approx 118\,\Omega}$

Највећи дозвољени напон улаза при највећој струји. I_{max}.

$I_{Zmax} = \frac{P_{Zmax}}{V_Z} = \frac{200\,mW}{6\,V} = \underline{33{,}3\,mA}$

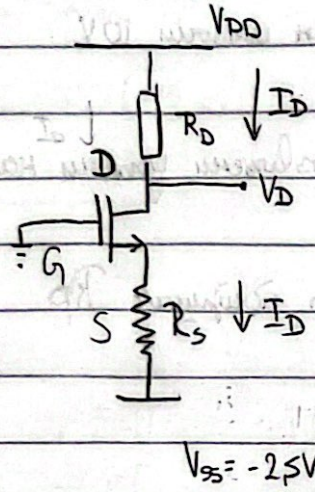
$\underline{I_{max} = 63{,}3\,mA}$

$U_{UL} = R_S I_{max} + V_Z$

б) $I_{max} \cdot U_Z = P_Z$

$\underline{P_Z = 379{,}8\,mW}$

② Пројектовати коло са слике тако да је $I_D = 0,4$ mA и $V_D = 0,5$ V. NMOS транзистор има $V_{tn} = 0,7$ V, $\mu_n C_{ox} = 100\,\mu A/V^2$, $L = 1\,\mu m$ и $W = 3$. Занемарити ефекат модулације дужине канала.



$I_D = 0,4$ mA $\quad V_{DD} = 2,5$ V

$V_D = 0,5$ V $\quad V_{SS} = -2,5$ V

$V_{tN} = 0,7$ V

$\mu_n C_{ox} = 100\,\mu A/V^2$

$L = 1\,\mu m$; $W = 32\,\mu m$

$R_D, R_S = ?$

Коефицијент k рачунамо по формули: $k = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L}$

$k = \frac{100\,\mu A/V^2}{2} \frac{32\,\mu m}{1\,\mu m} = 50\,\mu A/V^2 \cdot 32 =$

$= 1,6\,mA/V^2$

Тражену отпорност отпорника: $R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D}$

$R_D = \frac{2}{0,4\,mA} = 5\,k\Omega$

Претпоставићемо да се транзистор налази у области засићења:

$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{tn}$, $I_D = k_n (V_{GS} - V_{tn})^2$

$\sqrt{\frac{I_D}{k_n}} = V_{GS} - V_{tn}$

$V_{GS} = \sqrt{\frac{I_D}{k_n}} + V_{tn}$

$V_{GS} = \sqrt{\frac{0,4\,mA}{1,6\,mA/V^2}} + 0,7$ $\quad \boxed{V_{GS} = 1,2\,V}$

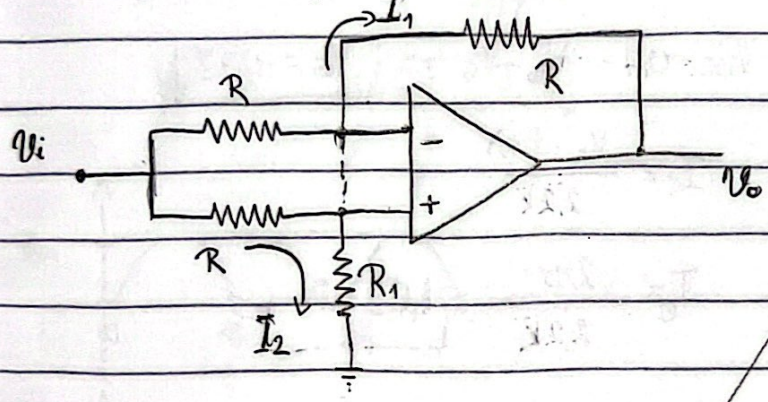
$V_G = 0V$

$V_S = -1,2V$ $\quad V_{DS} = V_D - V_S = 1,7$ $\quad 1,7 > 0,5$ ✓

$$R_S = \frac{V_S - V_{SS}}{I_D} = \frac{-1,2-(-2,5)}{0,4}$$

$R_S = 3,25\,k\Omega$

③ За кило на слици, средњи најчешћи појачање $A_v = \frac{v_o}{v_i}$. Операциони појачавач је идеалан, а $R_1 = 2R$.



$$I_1 = \frac{v_i - v_o}{2R}$$

$$I_2 = \frac{v_i}{R + \alpha R}$$

$I_1 R - I_2 R = 0$

$I_1 = I_2$

$$v_o = v_i - I_1 2R$$

$$v_o = v_i - \frac{v_i}{R+\alpha R} \cdot 2R = v_i - \frac{v_i}{R(1+\alpha)} \cdot 2R$$

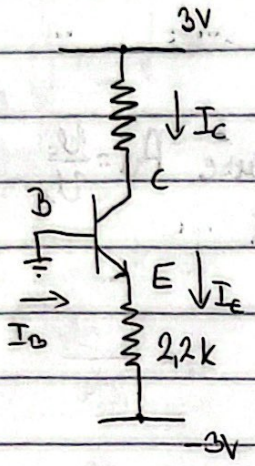
$$v_o = v_i \left(1 - \frac{2}{(1+\alpha)}\right)$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1+\alpha-2}{1+\alpha}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{\alpha-1}{\alpha+1}$$

26 h till k1...

Одредити шинујуће базе, емитера и колектора. Базну и емитерску и колекторску струју. $\beta = 30$, $|V_{BE}| = 0{,}7V$.



$\beta = 30$ $\quad V_B, V_E, V_C = ?$

$|V_{BE}| = 0{,}7V$ $\quad I_B, I_E, I_C = ?$

$V_B = 0V$

$V_{BE} = 0{,}7 = V_B - V_E \Rightarrow \boxed{V_E = -0{,}7V}$

$$I_E = \frac{V_E - (-3)}{2{,}2k}$$

$$I_E = \frac{2{,}3}{2{,}2k} = \boxed{1{,}05\,mA}$$

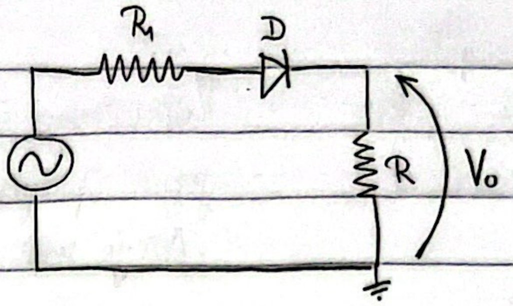
$$I_E = \frac{\beta + 1}{\beta} I_C$$

$$I_E \frac{\beta}{\beta + 1} = I_C \qquad I_C = \frac{30}{31} \cdot 1{,}05$$

$$\boxed{I_C = 1{,}02\,mA} \qquad I_B = \frac{I_C}{\beta} = \boxed{34\,\mu A}$$

$$V_C = 3 - 1{,}02 \cdot 2{,}2 = \boxed{0{,}76V}$$

Диоде - 2



D - идеална

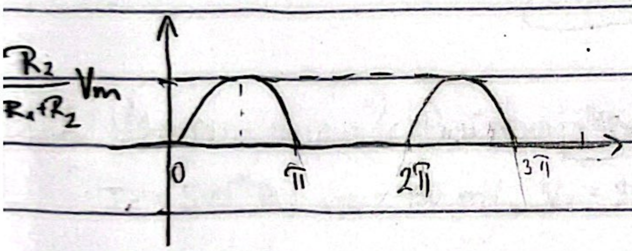
$V_0 = ?$ $\qquad V_i = V_m \sin\omega t$

- Обзиром да имамо идеалну диоду - она води за вријеме позитивне полупериоде и тада је тренутни кратки спој

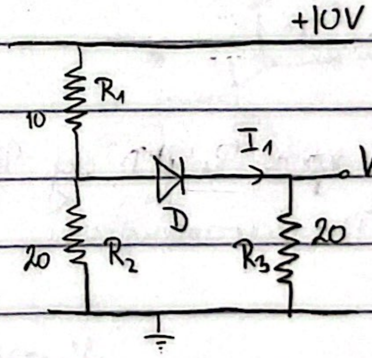
~~$\omega t \in (0, \pi)$~~

$$V_0 = R \cdot \frac{V_i}{R_1 + R} = \frac{R}{R_1 + R} V_m \sin\omega t \qquad \omega t \in (0, \pi)$$

$$V_0 = 0 \qquad \omega t \in [\pi, 2\pi]$$



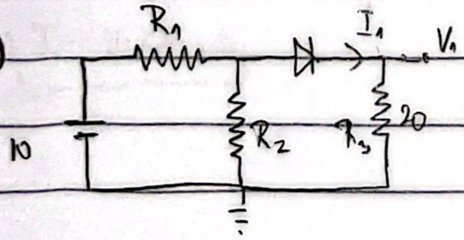
Диоде - 4



$V_1, I_1 = ?$ a) идеална диода

б) идеализована д. ($V_F = 0{,}7V$)

a)

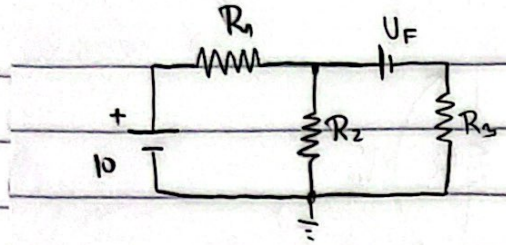


Претпоставка: D - води

$$R_{23} = R_3 \| R_2 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{400}{40} = 10\,V$$

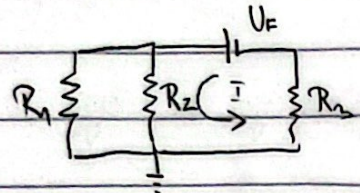
$$I_1 = \frac{V_1}{R_3} = 0{,}25\,A$$

$$V_1 = R_{23} \frac{V}{R_1 + R_{23}} = \frac{100}{20} \qquad V_1 = 5\,V$$



I = 0,33

Користити принцип суперпозиције, један пример сте урадили код а, остаје нам случај када имамо U_F.



$R_{12} = R_1 \| R_2$ $\quad I = \frac{U_F}{R_{12}+R_3} = \frac{0,6}{6,67+20} = 0,02 = 23mA$

$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = \frac{200}{30}$

$I = 250 - 23 = 228mA$

$I \approx 0,23A$

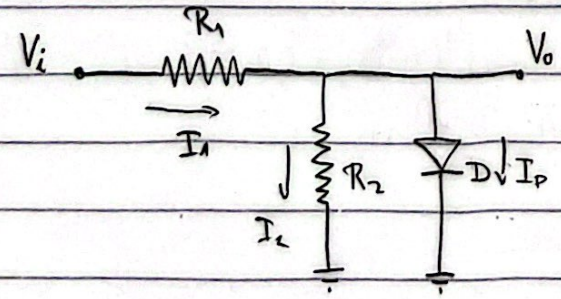
$U = 4,48V$

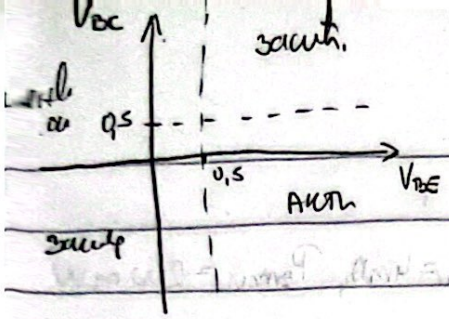
$U' = 0,52$

⑤ Задатак – 5.

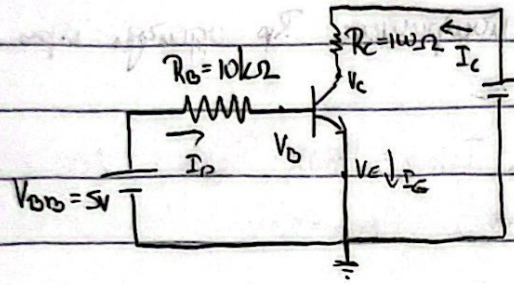
Занимљиво струја кроз R_1 и D од V_i. Струјни занимљиво струје кроз диоду D – идеализовани.

Занимљиво од V_i





Транз. – 1. $I_B, I_C, I_E, V_{BE}, V_{BC}, V_{CB}$? $B = 150$



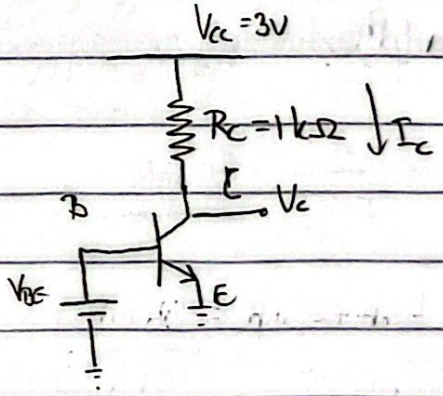
$V_E = 0V$

Користимо $V_{BE} = 0,7\ V$.

$V_B = 0,7$

② Изчисли напон? Активна област

$I_S = 5 \cdot 10^{-16} A$, $V_{BE} = 750\ mV$, $V_T = 26\ mV$



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

$I_C = 5 \cdot 10^{-16} \cdot e^{\frac{750\ mV}{26\ mV}}$

$I_C = 5 \cdot 10^{-16} \cdot 3,35 \cdot 10^{12}$

$I_C = 16,75 \cdot 10^{-3}$

$I_C = 16,75\ mA$

$V_C = V_{CC} - 16,75 \cdot 1k$

$V_C = 1,33\ V$

$V_C = V_D$

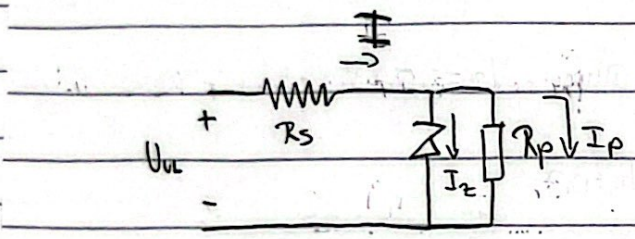
Пробни колоквијум - 2023

① Зенер диода има следеће параметре: $U_z = 6V$, $I_{zmin} = 4mA$, $P_{zmax} = 200$
Потрошач је $R_p = 200\,\Omega$, најмањи улазни напон: 10 V.

а) Израчунати R_{smax}

б) За добијени R_s, одредити највећи дозвољени улазни напон U_{ulaz}

* в) Шта ће дисипира на диоди ако се потрошач R_p одспоји при напону $U_{ul\,max}$.



$U_z = 6V$, $I_{zmin} = 4mA$, $P_{z\,max} = 200$
$R_p = 200\,\Omega$, $U_{min} = 10V$.

а) R_s је максимално када је струја која пролази кроз њега минимална. Минималну струју одређујемо:

$$I_{min} = I_{zmin} + I_p$$

$$I_p = \frac{U_z}{R_p} = \frac{6}{200} = 30\,mA$$

$$I_{min} = 4mA + 30mA = 34\,mA$$

$$R_{smax} = \frac{U_{ul} - U_z}{I_{min}} = \frac{(10-6)V}{34\,mA} = 117{,}6\,\Omega \qquad R_{smax} = 117{,}6\,\Omega$$

Највећи напон $U_{ul\,max}$ добија се за максималну пројектовану струју.

$$I_{zmax} = \frac{P_{zmax}}{V_z} = \frac{200\,mW}{6V} = 33{,}33\,mA$$

$P_{zmax} = I_{zmax} V_z$

Па је максимална струја кроз читаву R_s:

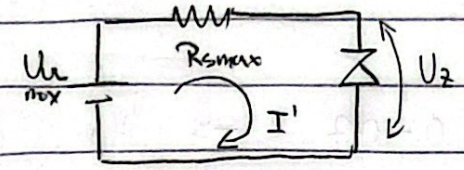
$$I_{max} = I_{zmax} + I_p$$

$$I_{max} = 63{,}33\,mA$$

$V_{ULmax} = I_{max} \cdot R_{Smax} + V_Z$

$V_{UL\,max} = 7{,}45V + 6V$ **$V_{UL\,max} = 13{,}45\,V$**

b) Када оптерећење R_p није ни

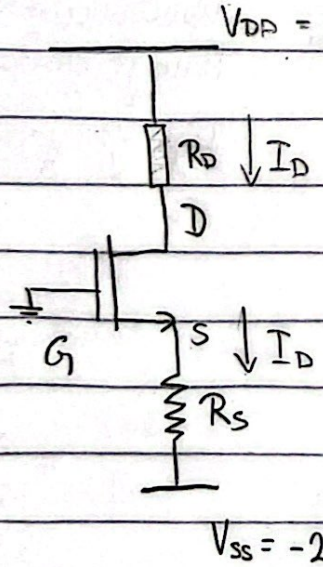


Кроз коло тада тече струја I_{max}.

Снага на зенер диоди тада износи: $P_{Zmax} = V_Z \cdot I_{max} = 6V \cdot 63{,}33\,mA$

$P_{Zmax} = 379{,}98\,mW$

② Пројектовати коло са струјом тако да $I_D = 0{,}4\,mA$, $V_D = 0{,}5\,V$. NMOS транзистор има $V_{tn} = 0{,}7V$, $\mu_n C_{ox} = 100\,\mu A/V^2$, $L = 1\,\mu m$, $W = 32\,\mu m$. Занемарити ефекат модулације дужине канала.



$V_{DD} = 2{,}5V$, $V_{SS} = -2{,}5V$

$I_D = 0{,}4\,mA$, $V_D = 0{,}5V$

$V_{tn} = 0{,}7V$, $\mu_n C_{ox} = 100\,\mu A/V^2$

$L = 1\,\mu m$, $W = 32\,\mu m$

$R_D, R_S = ?$

Израчунавамо $k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox} \cdot \frac{W}{L}$

$k_n = \frac{1}{2} \cdot 100\,\mu A/V^2 \cdot \frac{32\,\mu m}{1\,\mu m}$

$k_n = 1{,}6\,mA/V^2$

$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{2V}{0{,}4\,mA}$

$R_D = 5k\Omega$

Услов да би транзистор био укључен $V_{GS} > V_{tn}$. Претпоставимо да је укључен.

Ако је тр. у области засићења, тада: $V_{DS} > V_{GS} - V_{tn}$

$$\left.\begin{aligned} V_{DS} &= V_D - V_S \\ V_{GS} &= V_G - V_S \end{aligned}\right\} \quad V_D - V_S > V_G - V_S - V_{tn} \iff V_D > V_G - V_{tn}$$

$\boxed{V_G = 0V}$ $\qquad 0,5 > 0 - 0,7 \rightarrow$ Тр. у области засићења.

На основу овога знамо да нам је струја дрејна:

$$I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{I_D}{k_n}} = V_{GS} - V_{tn}$$

$$\sqrt{\frac{I_D}{k_n}} + V_{tn} = V_{GS}$$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{0,4mA}{1,6mA/V^2}} + 0,7$$

$V_{GS} = 0,5 + 0,7 = 1,2$ $\qquad \boxed{V_{GS} = 1,2V}$ $\qquad V_{GS} \geq V_{tn}$ - претпоставка нам је добра, тр. укључен.

$V_{GS} = V_G - V_S \qquad V_G = 0$

$V_S = -V_{GS}$

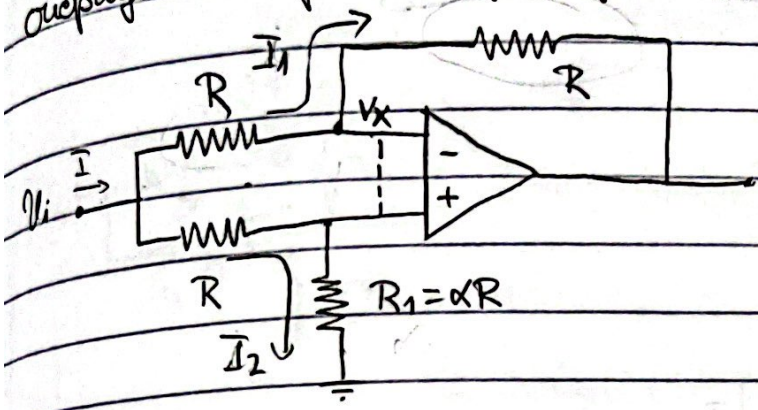
$\boxed{V_S = -1,2V}$

$$R_S = \frac{V_S - V_{SS}}{I_D}$$

$$R_S = \frac{-1,2 - (-2,5)V}{0,4mA}$$

$$\boxed{R_S = 3,25k\Omega}$$

③ За које на слици одредити најчешће појачање $A_v = \frac{v_o}{v_i}$, операционог појачавача је идеалан, $R_1 = \alpha R$



Струје I_1 и I_2 не улазе у појачавач

$I = I_1 + I_2$

$$I_1 = \frac{v_i - v_o}{R+R} = \frac{v_i - v_o}{2R}$$

$$v_o = v_i - I_1 \cdot R \cdot 2$$

$$I_2 = \frac{v_i}{R + \alpha R}$$

$$v_i - v_x = I_1 \cdot R = I_2 \cdot R \Rightarrow I_1 = I_2$$

$$v_o = v_i - \frac{v_i}{R+\alpha R} 2R = v_i \left(1 - \frac{R2}{R(1+\alpha)}\right)$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \left(1 - \frac{2}{1+\alpha}\right)$$

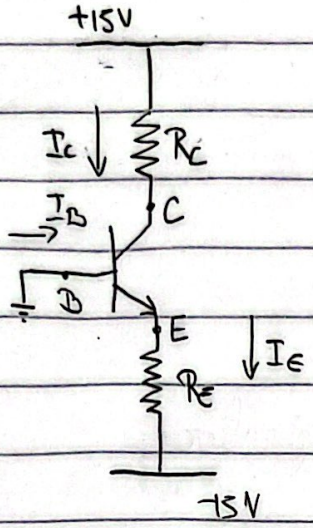
$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1+\alpha-2}{1+\alpha} = \frac{\alpha-1}{\alpha+1}$$

$$A_v = \frac{\alpha-1}{\alpha+1}$$

Транзистор - 3

$\beta = 100$, $I_{C_1} = 1mA$, $V_{BE} = 0,7V$, $I_C = 2mA$, $V_C = 5V$

$R_C, R_E = ?$



$V_B = 0V$

$V_E = -0,7V$

$I_{E_1} = \frac{\beta+1}{\beta} I_{C_1} = \frac{101}{100} 1mA = 1,01mA$

$I_E = 1,01 \cdot 2mA = 2,02mA$

$R_E = \frac{V_E - (-15V)}{I_E} = \frac{-0,7+15}{1,01mA} = 14,16k\Omega$

$R_E = \frac{-0,7-(-15)}{2,02mA}$

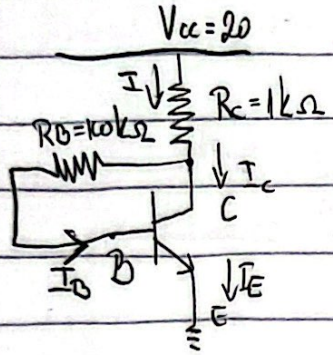
$R_E = 7,08k\Omega$

$\frac{15 - V_C}{I_C} = R_C$

$\frac{10}{2mA} = R_C$

$R_C = 5k\Omega$

(4.) Hatu I_B u. V_{CE}? $\beta = 100$, $V_{BE} = 0{,}7V$



$V_{cc} = 20V$

$R_B = 100k\Omega$

$R_c = 1k\Omega$

$I_B, I_c = ?$

$V_B = V_{BE}$

$V_c - V_B = I_B \cdot R_B$, $\quad I_B = \frac{I_c}{\beta}$

$V_{cc} - V_c = R_c \cdot I_c$

$V_c = I_B R_B + V_B$

$V_c = V_{cc} - R_c I_c$

$I_B R_B + V_B = V_{cc} - R_c I_c$

$I_c R_B + \beta V_B = \beta V_{cc} - \beta R_c I_c$

$I_c (R_B + R_c \beta) = \beta V_{cc} - \beta V_B$

$$I_c = \frac{\beta (V_{cc} - V_B)}{R_B + R_c \beta}$$

$V_c = V_{cc} - R_c (I_c + I_B)$

$V_c = 20 - (9{,}75m)1k\Omega$

$V_c = 10{,}25V$

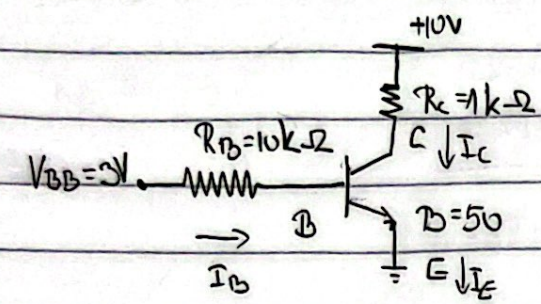
$$I_c = \frac{100(19{,}3)}{100k + 1k \cdot 100} = \frac{100 \cdot 19{,}3}{200k} = 9{,}65mA$$

$$I_B = \frac{9{,}65mA}{100} = 96{,}5\mu A$$

Да ли је у засићењу?

ТР - 5

$V_{CES} = 0{,}2$, $V_{BE} = 0{,}8\,V$



$V_E = 0$ $\quad B = 50$

$V_B = 0{,}8$

$I_B = \frac{3 - 0{,}8}{10k} = 220\,\mu A$

$I_C = \beta I_B$

$I_C = 11\,mA$

~~$V_C = 10 - 1k \cdot 11\,mA$~~

~~$V_C = -1V$~~

$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C = 11{,}22\,mA$

$V_C = V_{CE}$

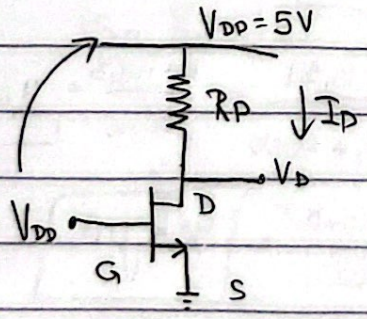
Прагнимо струју засићења:

$I_{CS} \cdot \frac{10 - V_{CES}}{1k} = 9{,}8\,mA$

$I_C > I_{CS} \Rightarrow$ тр. у засићењу.

УТ - 2

$V_D = 0{,}1V$ $\quad R_{DS} = ?$ $\quad V_{tn} = 1V$, $k_n = 0{,}5\,mA/V^2$, $V_{DD} = 5V$



$R_p = ?$

$V_{GS} = V_{DD}$ $\quad V_{GS} > V_{tn}$

Транзистор ради у triodној области ако је $V_{DS} = V_D$

$V_{DS} < V_{GS} - V_{tn}$

$I_D = k_n \left[2 (V_{GS} - V_{tn}) V_{DS} - V_{DS}^2 \right]$

$I_D = 0{,}5 \frac{mA}{V^2} \left[2(4V) \cdot 0{,}1 - 0{,}1^2 \right]$

$R_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D}$

$R_p = 12{,}4\,k\Omega$ $\quad R_{DS} = 25\Omega$

$R_p = \frac{5 - 0{,}1}{\quad} \Rightarrow R = \quad k\Omega$

Триодна $I_D = 2k_n \left[2(V_{GS} - V_{TN}) V_{DS} - V_{DS}^2 \right]$

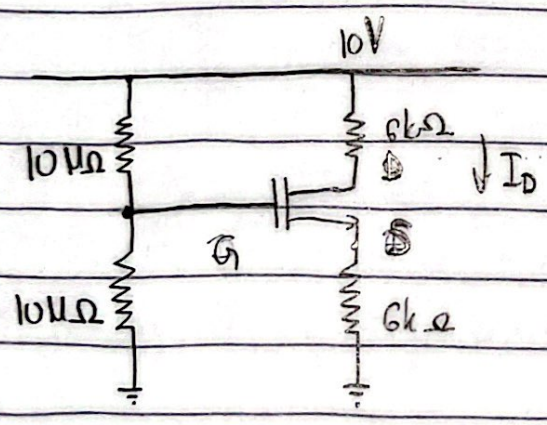
Засићење: $I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2$

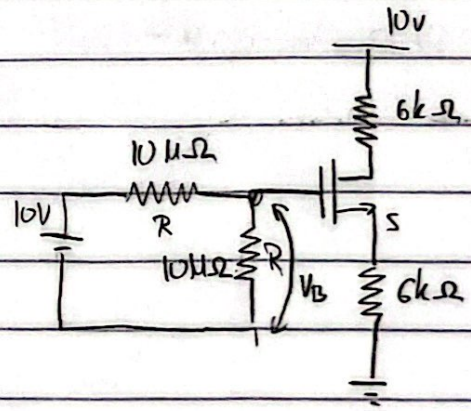
Линеарна: $I_D = 2k_n (V_{GS} - V_{TN}) V_{DS}$

③ Наћи ће напон и струје:

$V_{tn} = 1V$

$k_n' \left(\frac{W}{L}\right) = 1 mA/V^2$ | $k_n = 0,5 mA/V^2$





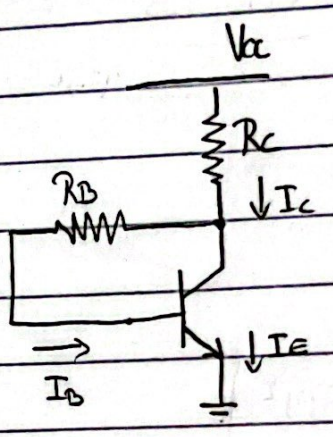
$V_B = 10M\Omega \cdot \frac{10V}{R||R} = 10M\Omega \cdot \frac{10}{20M\Omega} = 5V$

$R||R = \frac{100}{20} = 5$

$V_G = 5V$

Контролно 2023 · 1-К

- Определи I_B.
- активен режим работа ($V_{BE}=0,7V$, $\beta=100$)
- $V_{CC}=20V$
$R_C=1k\Omega$,
$R_B=100k\Omega$



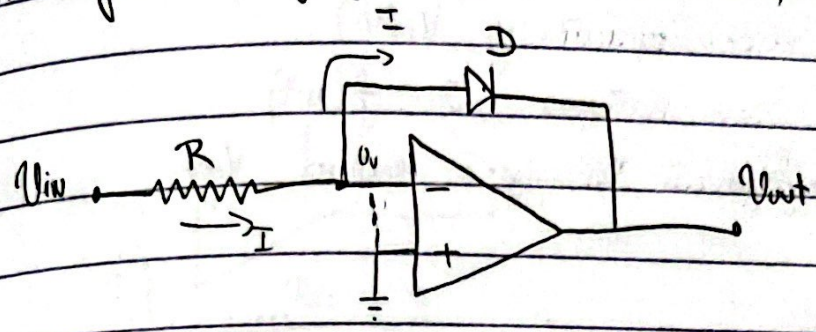
$I_B=?$

$V_E=0$

$V_{BE}=0,7V \Rightarrow V_B=0,7V$ ...

Операциони појачавачи - 2

Идеалан појачавач, диоде: $I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\varphi_T}} - 1\right)$



$A_v = ?$ $v_o = v_o(v_i) = ?$

Уместо је инвертујући појачавач.

$v_{out} = -V_D$ ....

$I = \frac{v_{in}}{R}$, $I = I_D$, $I_D \approx I_S\left(e^{\frac{V_D}{\varphi_T}}\right)$

$\frac{v_{in}}{R} = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\varphi_T}}\right)$ ...

④ Вратити v_{out} у ф-ји V_1 и V_2. Ф-ја ака?

Април 2022

За кои са схеме:

а) определи общия израз за напон. $V_0(V_i)$

б) начертай преносна характеристика. $V_0(V_i)$

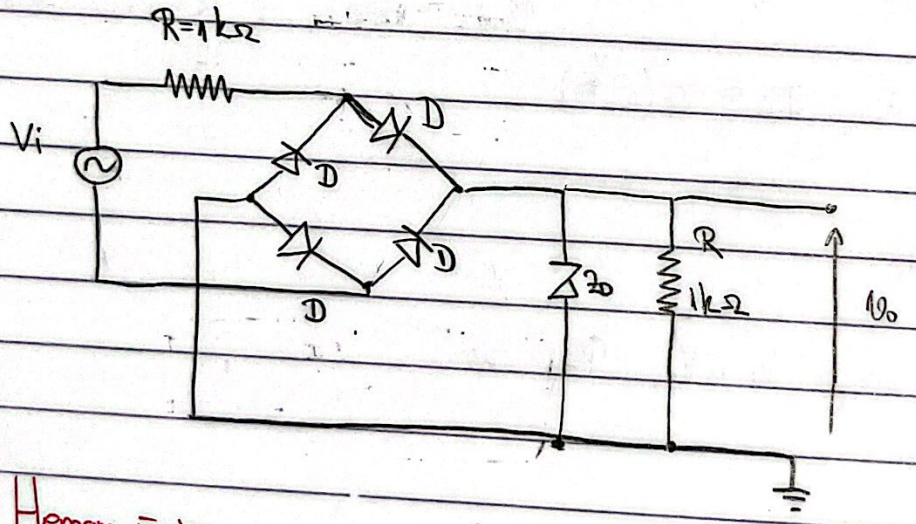
в) Начертай времеви обик напона $v_0 = f(wt)$

г) Определи средну вредност излазног напона V_{osr}.

Познато: $v_i = 18 \sin(wt)$

D - идеалне диоде

Зенер: $V_F = 0{,}6V$, $V_z = 5V$

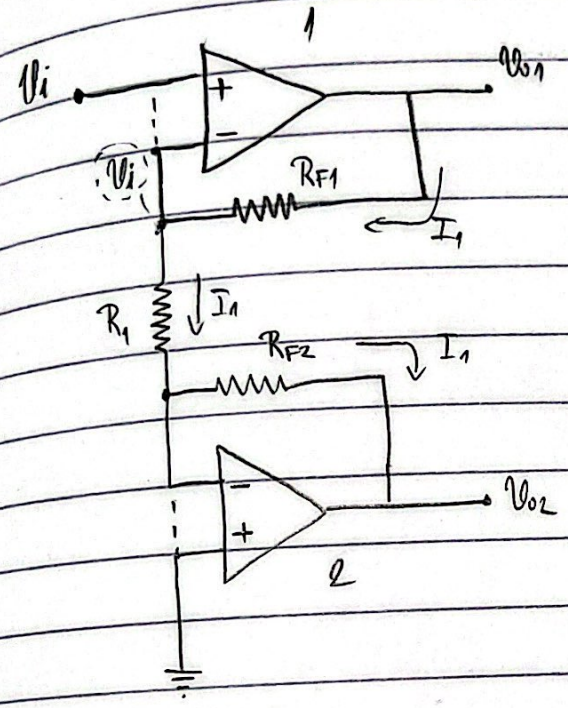


Нема шума.

3) Определи изрази за U_{o1} и U_{o2}

б) определи уред за R_{F1} да бъде $U_{o1} = -U_{o2}$,

са използвам усилвател определящ $U_{o1} - U_{o2}$



$U_{o1}, U_{o2} = ?$

1 - Неинвертиращ усилвател

$U_{ix} - U_{i1} = R_{F1} \cdot I_1$

$U_i = R_1 \cdot I_1$

$-U_{o2} = R_{F2} \cdot I_1$

$I_1 = \frac{U_{o1} - U_i}{R_{F1}}$ $\quad I_1 = \frac{U_i}{R_1}$

$U_{o1} = R_{F1} \cdot I_1 + U_i$

$$\boxed{U_{o1} = U_i \left(\frac{R_{F1}}{R_1} + 1 \right)}$$

U_{o1}

$-U_{o2} = + \frac{R_{F2}}{R_1} U_i$

$$U_{o2} = - R_{F2} \cdot \frac{U_i}{R_1}$$

$$\boxed{U_{o2} = - \frac{R_{F2}}{R_1} U_i}$$

$\frac{R_{F2}}{R_1} U_i = \frac{R_{F1} + R_1}{R_1} \cdot U_i$

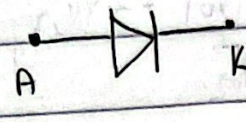
$R_{F2} = R_{F1} + R_1$

$$\boxed{R_{F1} = R_{F2} - R_1}$$

$U_{o1} - U_{o2} = -2 \cdot U_{o2} = -2 \left(- \frac{R_{F2}}{R_1} U_i \right)$

$$\boxed{U_{o1} = \frac{2 R_{F2}}{R_1} U_i}$$

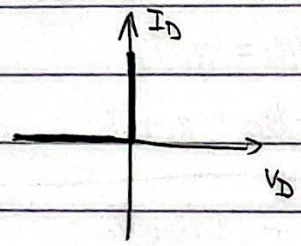
Diode



$$I_D = I_S \cdot e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

идеалната $V_D > 0$ - тече, $V_D = 0$

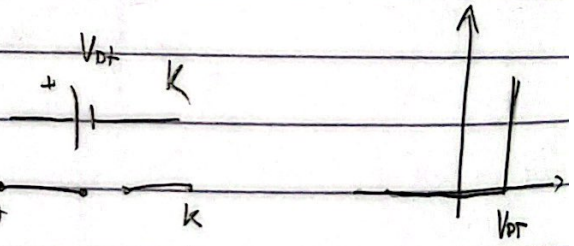
$V_D < 0$ - не тече, $I_D = 0$



идеализиран

$V_D > V_{DT}$ - тече $V_D = V_{DT}$

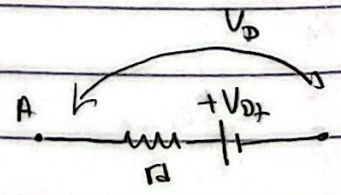
$V_D < V_{DT}$ - не тече $I_D = 0$

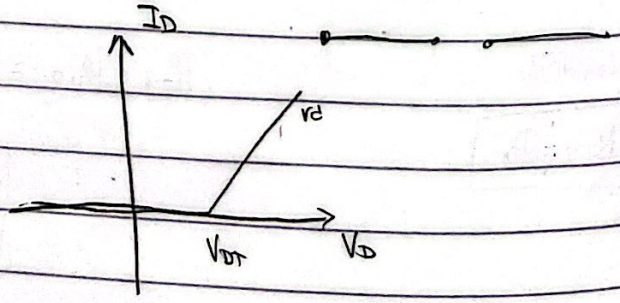


почти линеарен

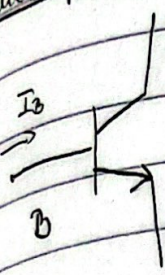
$V_D > V_{DT}$ - тече $V_D = V_{DT} + r_d I_d$

$V_D < V_{DT}$ - не тече $I = 0$





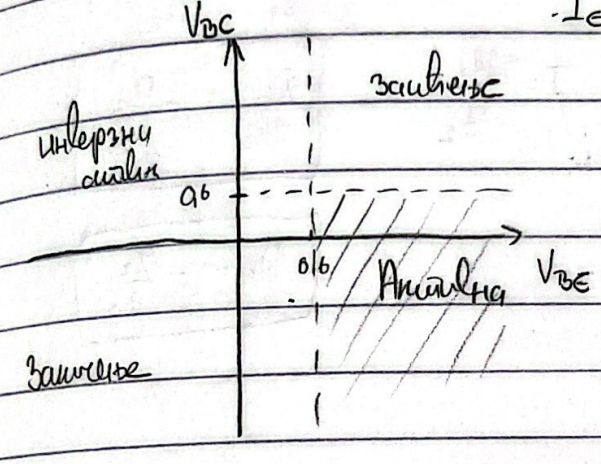
Биполярни транзистор:



B, $I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_{TN}}}$

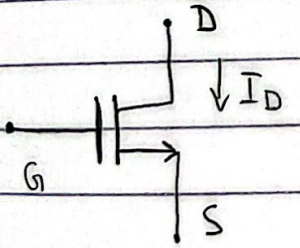
$I_B = \frac{I_C}{B}$, $I_E = \frac{B+1}{B} I_C$

$I_E = I_C + I_B$



$V_{CES} = 0,2V$

Унитарни транзистори



$I_G = 0$

$V_{GS} > V_{TN}$ - управен.

$V_{DS} > V_{GS} - V_{TN}$ - запушване

$I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2$

$V_{DS} \ll V_{GS} - V_{TN}$ - лин.

$I_D = 2k_n (V_{GS} - V_{TN}) V_{DS}$

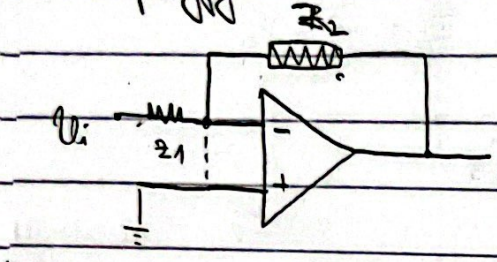
$V_{DS} < V_{GS} - V_{TN}$ - триодна област

$I_D = k_n [2(V_{GS} - V_{tn}) V_{DS} - V_{DS}^2]$

$k_n = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L}$

Операционни усилватели

Инвертиращ

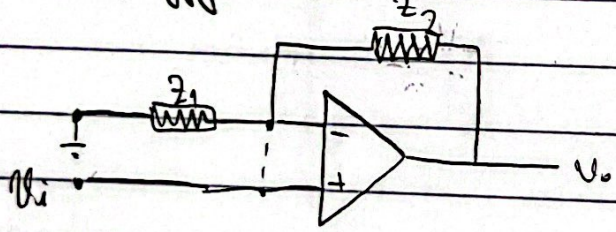


$$I = \frac{V_i}{Z_1} \qquad \frac{V_i}{Z_1} = -\frac{V_o}{Z_2}$$

$$I = \frac{-V_o}{Z_2} \qquad \boxed{\frac{V_o}{V_i} = -\frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$\boxed{A_v = -\frac{Z_2}{Z_1}}$$

Неинвертиращ



$$I = \frac{-V_i}{Z_1} \qquad I = \frac{+V_i - V_o}{Z_2}$$

$$-\frac{V_i}{Z_1} = \frac{+(V_i - V_o)}{Z_2}$$

$$-\frac{V_i}{Z_1} = \frac{V_i - V_o}{Z_2}$$

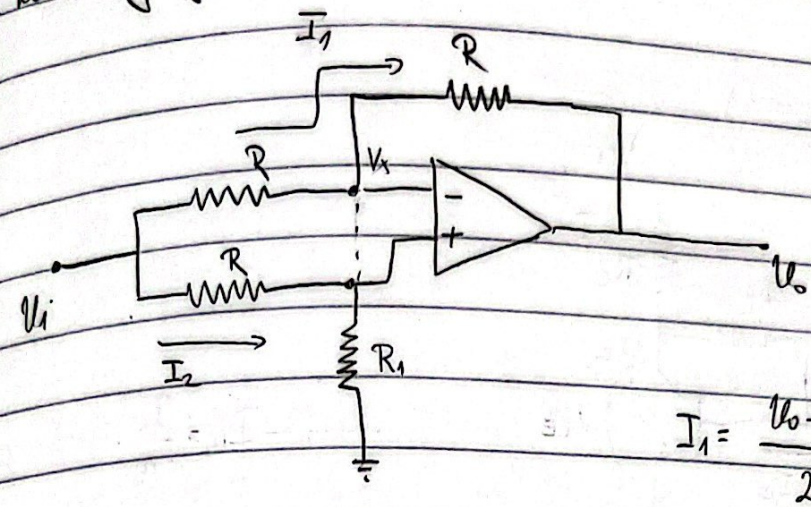
$$-V_i Z_2 = Z_1(V_i - V_o)$$

$$-V_i(Z_2 + Z_1) = -Z_1 V_o$$

$$\frac{Z_2 + Z_1}{Z_1} = \frac{V_o}{V_i} \qquad \boxed{\frac{Z_2}{Z_1} + 1 = A_V}$$

Закон серед

$$A = \frac{U_o}{U_i}$$



$$I_1 = \frac{U_o - U_i}{2R}$$

$$U_o = U_i + I_1 2R$$

$$I_1 = I_2$$

$$I_2 = \frac{U_i}{R + \alpha R} = \frac{U_i}{R(1+\alpha)}$$

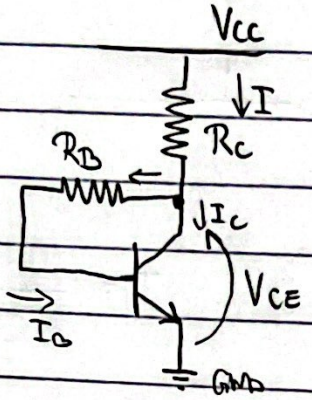
V_{CE} = ?

активный режим ($V_{BE} = 0{,}7$, $\beta = 100$)

$V_{CC} = 20V$

$R_C = 1k\Omega$

$R_B = 93\,k\Omega$



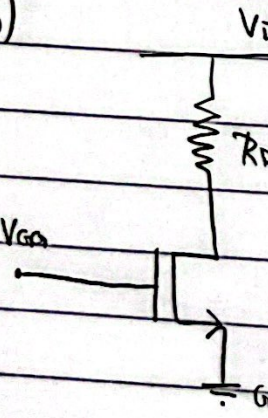
$I_B = \frac{I_C}{\beta}$ $I_C = \beta I_B$

$I_C = I - I_B$

$V_B = V_{BE} = 0{,}7V$

$\frac{V_C - V_B}{R_B} = I_B$ $V_C = V_{CC} - R_C \cdot I$

б)



Режим работы?

$V_{DD} = 15$

$V_{GG} = 5$

$R_D = 1k\Omega$

$k_n = 0{,}5\,mA/V^2$

$V_{TN} = 1V$

Полевой

Т.к. замкнут

$V_{GS} = V_{GG} = 5 > V_{TN}$ – режим

$I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2$

$I_D = \frac{1}{2} \cdot 16 = 8$

$V_D = 15 - 8 = 7V$ $V_{DS} = 7V$ Биполярный