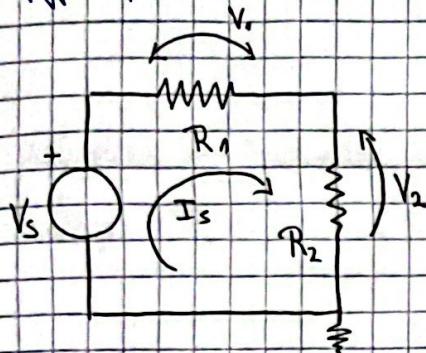


# Одјетие 1.

① Извесни изрази за означение напоне и струје, раздјелник напона и струје. Примјерите на спиралама 1 и 2 речејте чисто.

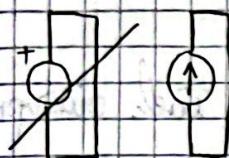


$$I_s = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

$$V_1 = R_1 \cdot \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

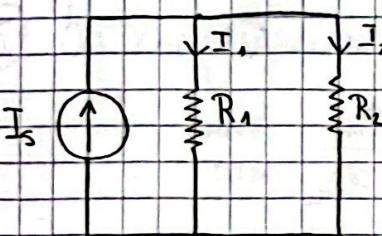
→ Напонски  
раздјелник

$$V_2 = V_s \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$I_s = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_s \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$I_1 = \frac{V_s}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_s}{R_2}$$

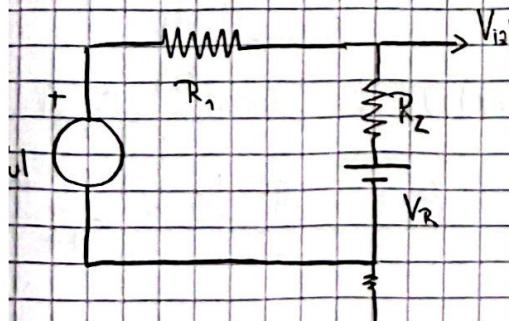
$$I_2 = I_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

↳ Струјни раздјелник

② Ја користите приведеното на спиралу суперпозициски израз за изношти напон, а засилити склопирали преносити карактер. Када  $V_{i2l} = f(V_{ul})$ .

Напомена: Оружите суперпозицију

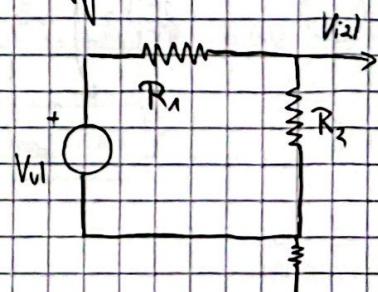
$$I = \frac{V_{ul}}{R_1 + R_2}$$



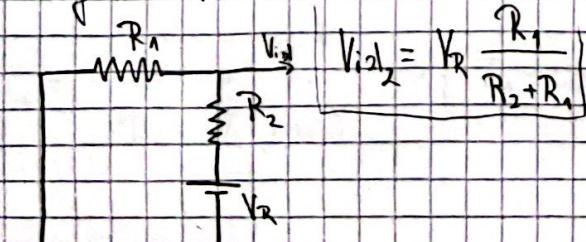
- правимо суперпозицију.

i - некористимо VR:

$$V_{i2l1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{ul}$$



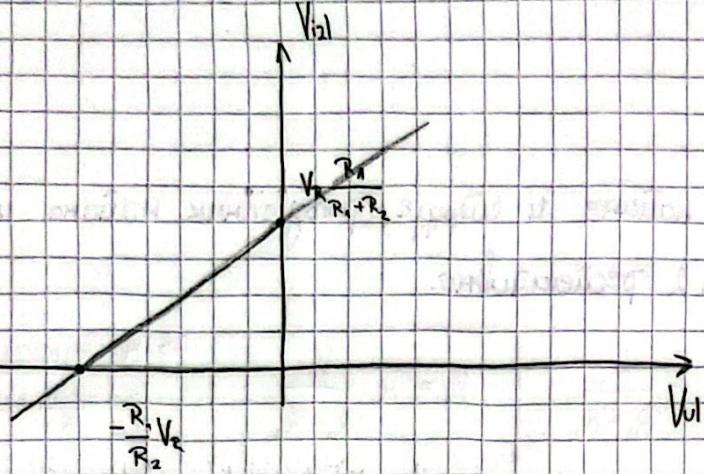
2° исклучујмо VR



$$V_{i2l2} = V_R \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_1}$$

$$V_{i2l} = V_{i2l1} + V_{i2l2}$$

$$V_{i2l} = V_{ul} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_R \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_1}$$



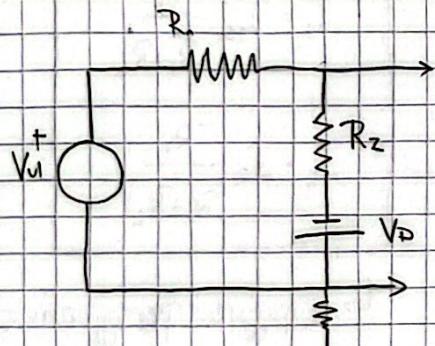
$$y = kx + m$$

$$V_{i21} = V_{U1} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_R \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Не смије се стављати:

~~15 gΩ, 650 kV, -6 kΩ, I\_{G1} = 10 mA~~

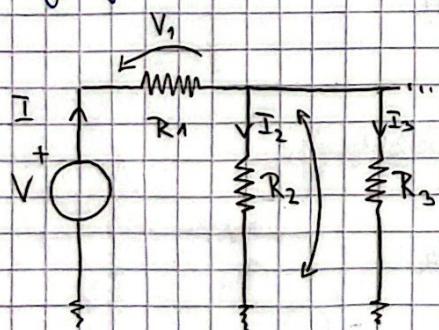
③ За коју ће ставити опремину екв. волт. пет. и екв. волт. струјарни?



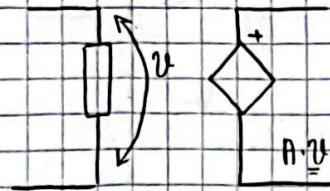
$$R_T = R_1 \parallel R_2$$

$$V_T = V_U \frac{R_2}{R_1 + R_2} - V_D \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

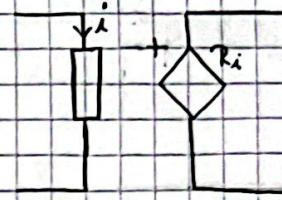
④ Опремину нађите и ставите?



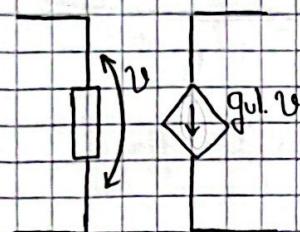
1° Найонаки көнілролисан найонаки избор



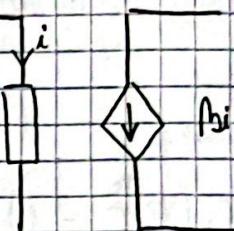
2° Сірүйнс көнілролисан найонаки избор



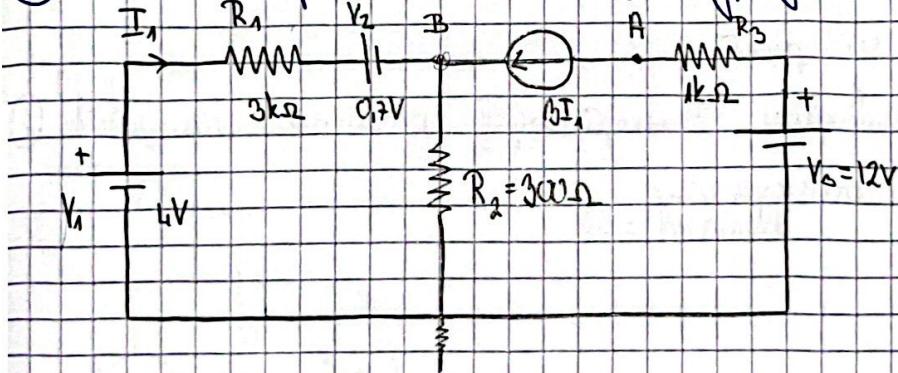
3° Найонаки көнілролисан найонаки сірүйнс избор



4° Сірүйнс көнілролисан сірүйнс избор



5) За көмөң ішкесінде на спички суреттейін сірүй.



$$\beta = 100, \quad I_1 = ? \quad U_{AB} = ?$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2 - V_B}{R_1}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

$$V_B = R_2 (I_1 + \beta I_1) = R_2 \cdot I_1 (1 + \beta)$$

$$V_A = V_3 - \beta I_1, \quad R_3 = 2\Omega$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2 - R_2 I_1 (1 + \beta)}{R_1}$$

$$U_{AB} = -1V$$

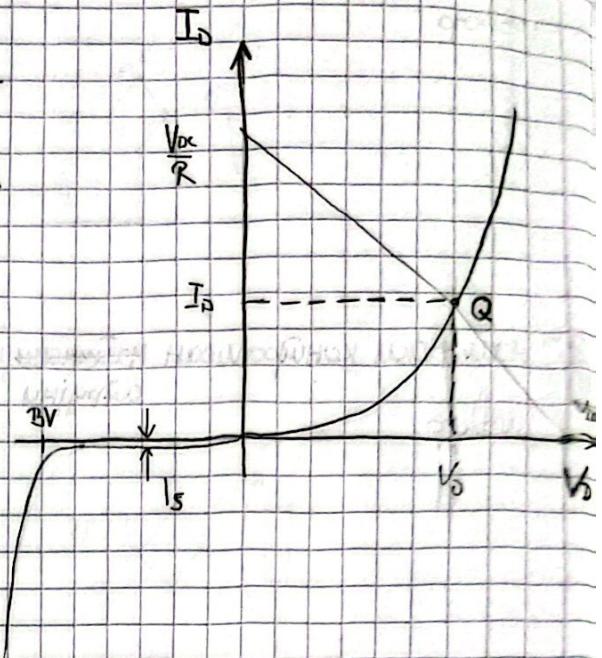
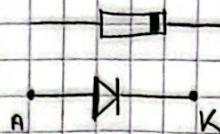
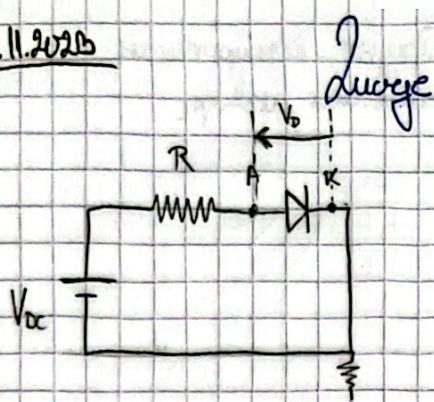
$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 + R_2 I_1 (1 + \beta)$$

$$V_1 - V_2 = I_1 (R_1 + R_2 (1 + \beta))$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2}{R_1 + R_2 (1 + \beta)} \Rightarrow I_1 = 0.1mA$$

$$V_B = 3V$$

6.11.2020



$$I_d = I_s \left( e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_d = \frac{V_{dc} - V_d}{R} \rightarrow \text{реальная модель}$$

$I_s$  - сирија саобраћај

$Q$  - реална јачина

$$R_s = \frac{V_d}{I_d} \rightarrow \text{стичаштвена стапајућост}$$

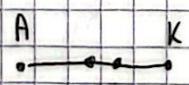
$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \rightarrow \text{динамичка стапајућост}$$

- Узимамо ћи спуштајући

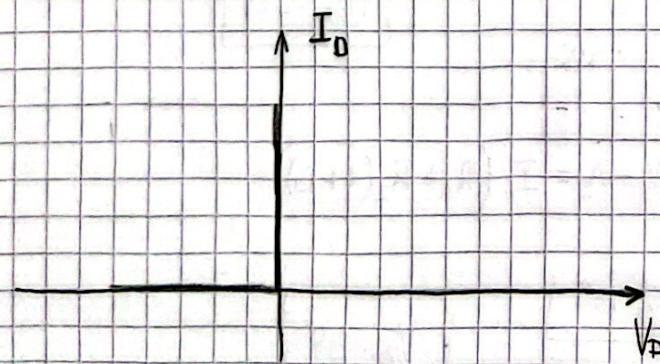
#### 1. Модел идеалног диода

$$V_d > 0 \quad D - \text{on}, \quad V_d = 0$$

$$V_d < 0 \quad D - \text{off} \quad I_d = 0$$

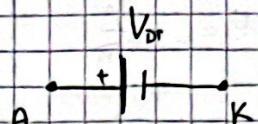


(према)



### ② Модел на бализоване диода

$$V_D > V_{DT}, \text{ D-on}, \quad V_D = V_{DT}$$



$$I_D$$

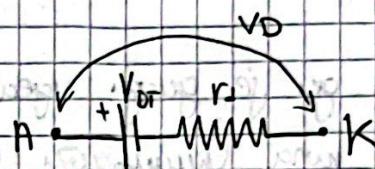
$$V_D < V_{DT}, \text{ D-off}, \quad I_D = 0$$



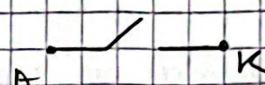
$$V_D$$

### ③ Потпукни линеарни модел диода

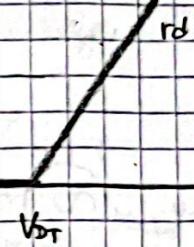
$$V_D > V_{DT} \quad \text{D-on} \quad V_D = V_{DT} + I_D r_d$$



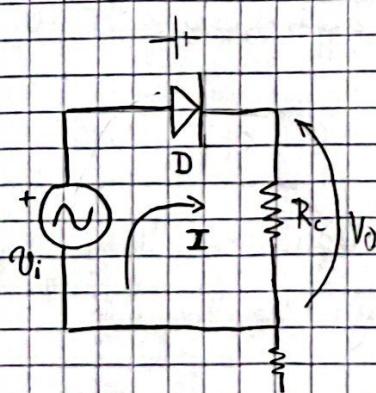
$$V_D < V_{DT} \quad \text{D-off}, \quad I_D = 0$$



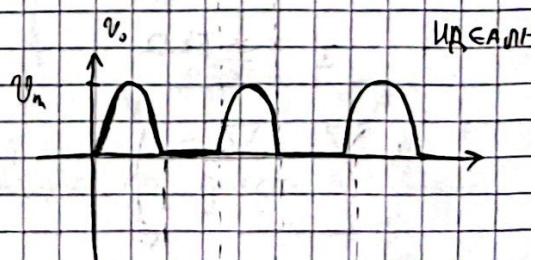
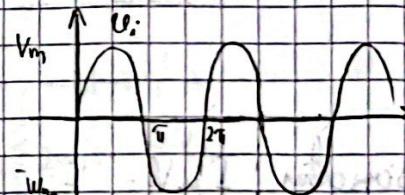
$$I_D$$



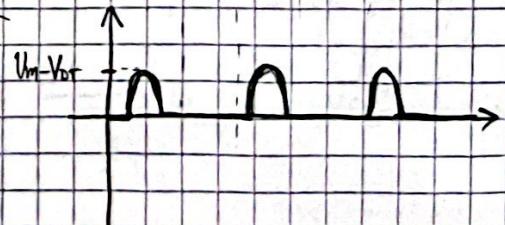
① Упрощени антезу једнотирати искривена са гасом.



$$U_i = V_m \sin \omega t$$



Дела шокса  
је умножена  
за  $V_{DT}$



Идеализован

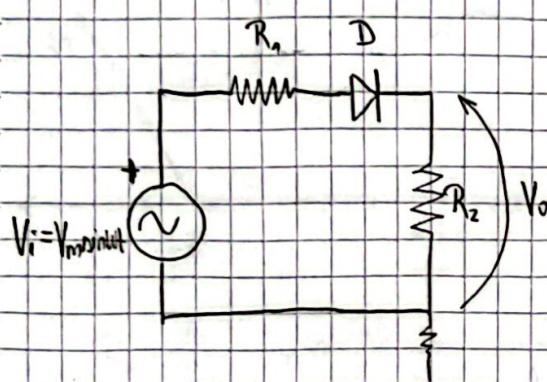
ИДЕАЛНА:

$$V_{osr} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin wt d(wt) = \dots = \frac{V_m}{\pi}$$

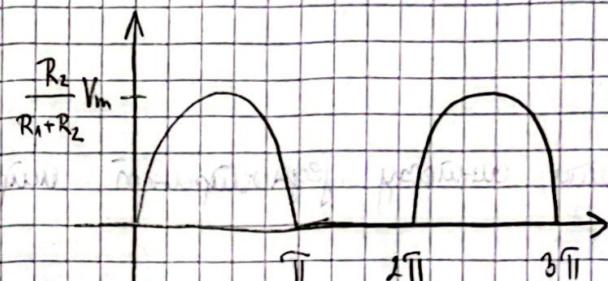
ИДЕАЛИЗИВАНА

$$V_{osr} = \frac{V_m}{\pi} \cdot \cos \alpha - \frac{V_{osr}}{2\pi} (\pi - 2\alpha)$$

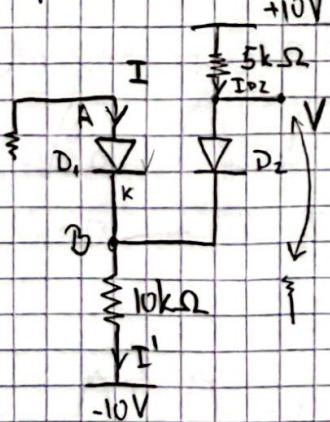
2. Синусоидален генератор изграден от едночипови съчинения съдържащи  
входен стапен усилвател. Синусоидалният генератор.



$$V_o = \begin{cases} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_m \sin wt & 0 < wt < \pi \\ 0, \text{ иначе} & \end{cases}$$



3. Противодействие I и V



- Противодействие това непротиводействие кога  
зарежда диодът не зарежда.

D<sub>1</sub> - зарежда, D<sub>2</sub> зарежда

$$V_B = 0 \quad (\text{зарежда D}_1 \text{ на минимум}) \quad V = 0$$

$$I_{D2} = \frac{10V}{5k\Omega} = 2mA$$

$$I + I_{D2} - I' = 0$$

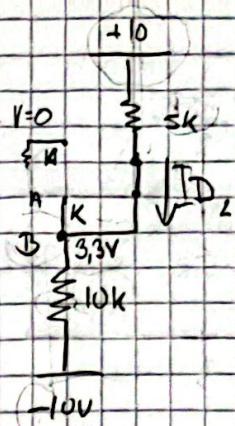
$$I + 2mA = \frac{0 - (-10)}{10k\Omega}$$

$$I = 1mA - 2mA \quad | \quad I = -1mA$$

D<sub>1</sub> не свети, D<sub>2</sub> свети

$$I_{D_2} = \frac{10V - (-10)V}{15k\Omega}$$

$$\underline{\underline{I_{D_2} = 1,33 \text{ mA}}}$$



Приложено напрежение на варна B.

$$V_B = -10V + 10 \cdot 1,33 = \underline{\underline{3,3V}}$$

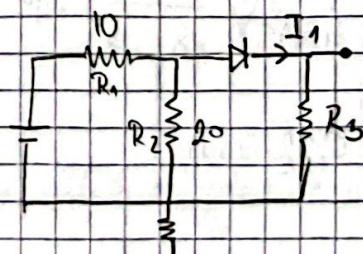
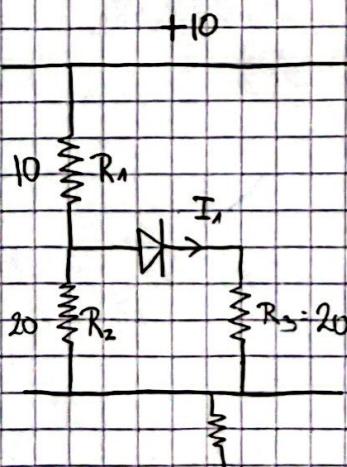
$$\underline{\underline{I = 0}}$$

Накит приложе на варум го има само D<sub>1</sub> не свети, а свети D<sub>2</sub>.

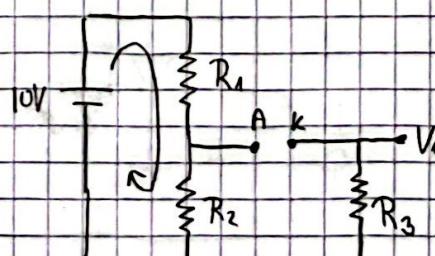
- 4.1) За даваното критично напрежение на спирни стабилност  
напонета V<sub>I</sub> и симулира I<sub>I</sub>.

a) D не свети

b) D свети (U<sub>F</sub> = 0,7V = V<sub>DI</sub>)



a) пренаправадуме го свети не свети



$$V_A = R_2 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2}$$

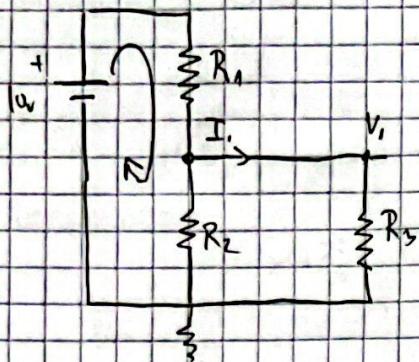
$$V_A = 6,67V > V_D$$

Пренаправадуме

изправените

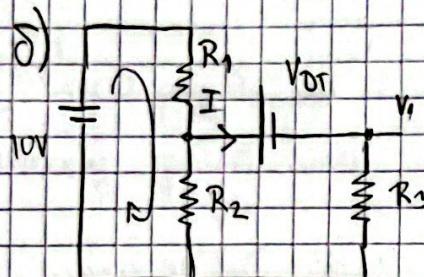
$\Rightarrow$  свети свети

$$V_K = 0, V_A > V_K$$



$$V_1 = \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} \cdot E = 5V$$

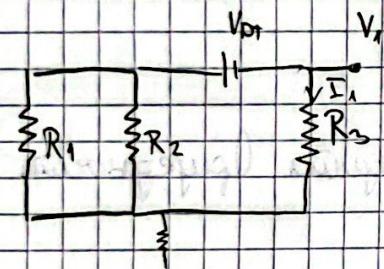
$$I_1 = \frac{V_1}{R_3} = 0,25A$$



- погодимо суперпозицію,

- якщо є  $V_{DT}$  умислено, таєм генератор  
деятиме.

- погодимо спочатку якщо є 10V фікса



$$R_1 \parallel R_2 = \frac{20}{3}$$

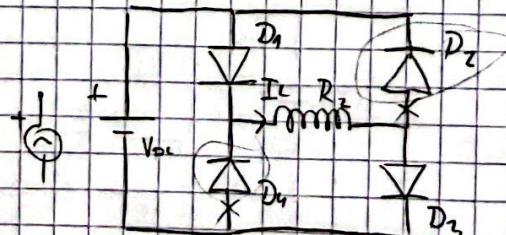
$$V_1'' = -R_3 \cdot I = -R_3 \cdot \frac{V_{DT}}{R_1 \parallel R_2 + R_3}$$

$$V_1'' = -0,525$$

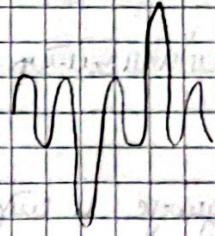
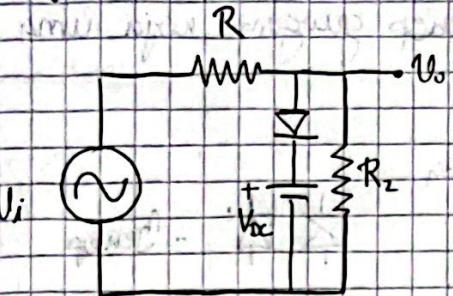
$$V_1 = V_1' + V_1'' = 4,475V$$

$$I_1'' = -\frac{0,7}{R_1 \parallel R_2 + R_3} = -0,168A$$

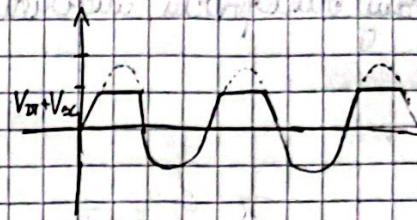
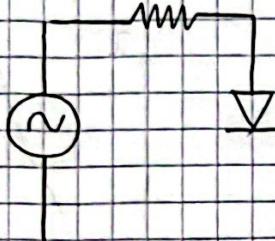
$$I_1 = I_1' + I_1'' = 0,22375A$$



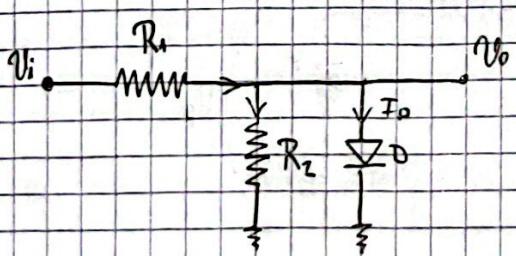
Дүркө аж сұрнануынан жақсана.



- сүйкіліш де



5) Натын заласкотын сүрүпінен көз атқарылык  $R_1$  и деңгээли  $D$  аж үзінштік жақсана. Сүйкіліштің сама заласкотын сүрүпінен көз деңгээли. Преконденсатордан үзеңдердегі мурғын жүрге.



$$U_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_i \Rightarrow U_i = \frac{R_1 + R_2}{R_2} U_o$$

Са  $U_i > \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot U_o$ ,  $D$  жөнде,

$$I_{R_1} = \frac{U_i - U_o}{R_1},$$

са  $U_i < \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot U_o$ ,  $D$  не жөнде

$$I_{R_1} = \frac{U_i}{R_1 + R_2}, \quad I_D = 0$$

$$I_D = \frac{U_i - U_o}{R_1} = \frac{U_o}{R_2}$$

Лекције 20.11.

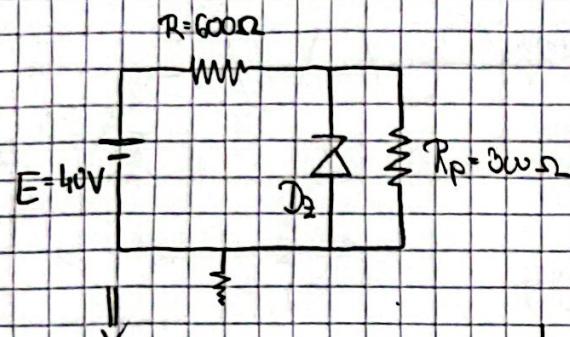
① На слици је дати симболски модел најједноставнијег вентилатора који има  
анодске каратеристике.

a) Определијуји ампераж и струју стабилитете

b) Начин исправљања стабилитете стабилизатора

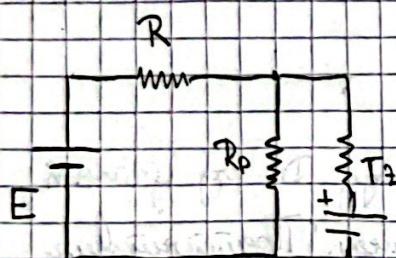
 - Вентил

a)

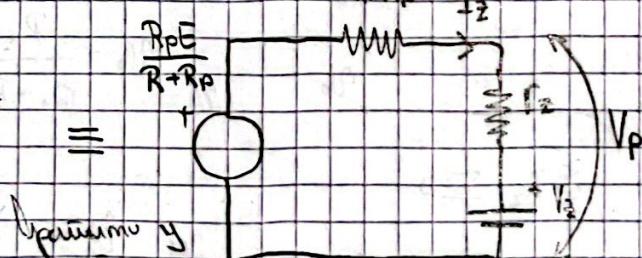
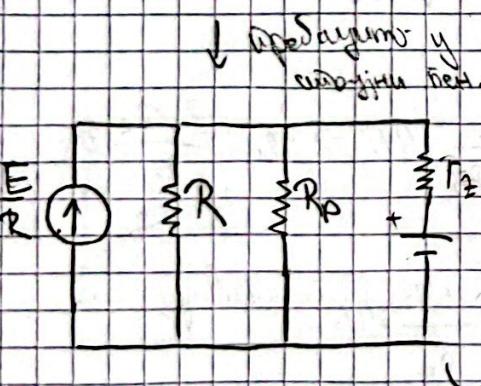
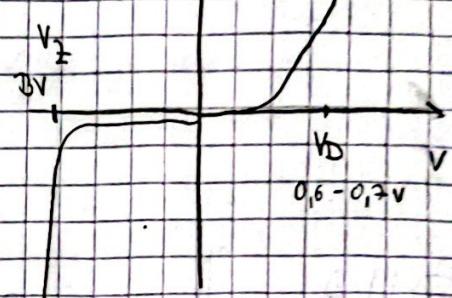


$\sum I$  - однос  
струја  
изнад  
анода

$R_p, R_L$  - токоприводи



$$I_2 = \frac{E}{R + R_p}$$

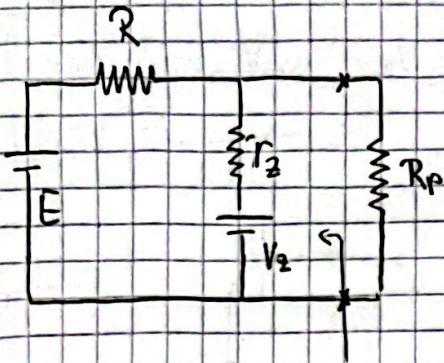


$$I_2 = \frac{\frac{R_p}{R+R_p} E - V_2}{R \parallel R_p + r_2} = 15.8mA \rightarrow \text{стабилна струја}$$

$$V_p = r_2 I_2 + V_2 = 10.16V \Rightarrow I_p = \frac{V_p}{R_p} = 33.9mA$$

$R_p$

$$5) R_{out} = R_2 || R \quad (\text{сущесвтует сопротивление})$$



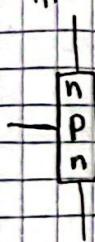
$5 \cdot 10^3$

## Биполярни транзисторы

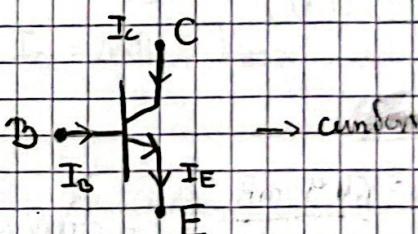


Две типы ядерных транзисторов или иначе.

- Угерстровские транзисторы - [принцип] / изделия



- различие в структуре
- разные типы материалов



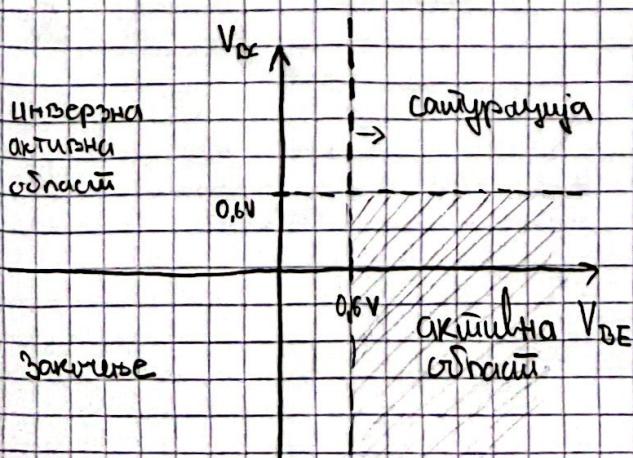
$$I_c = I_{cs} \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_r}}$$

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

$\beta$  - коэффициент передачи (бывает различен для каждого)

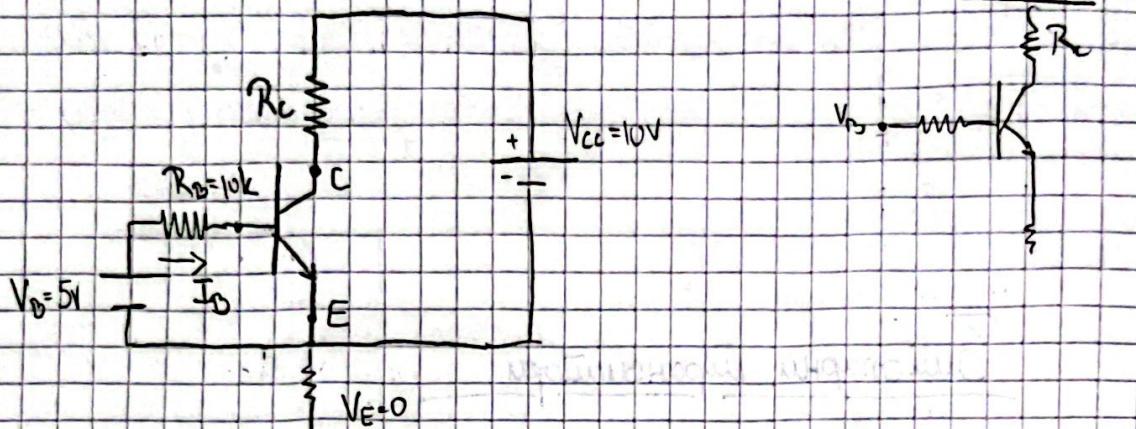
$$I_E = \frac{I_c}{\alpha} = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot I_c$$

$$I_E = I_B + I_c$$



④ Определијте напонте и струјите за кога драмалесто на снаги. ( $B=150$ )

Напонти и струје које употребују определени:  $I_D$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $V_{DE}$ ,  $V_{CE}$ ,  $V_{CA}$



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

$$I_B = \frac{V_{B0} - V_{BE}}{R_B} = 430 \mu A \quad (\text{Кенувачка струја са жељеној мере } (\mu))$$

$$I_C = \beta I_B = 64,5 mA$$

$$I_E = I_B + I_C = 64,9 mA \quad \rightarrow \text{односно употреба токова}$$

$$V_{CE} = -I_C R_C + V_{CC} = 3,55 V$$

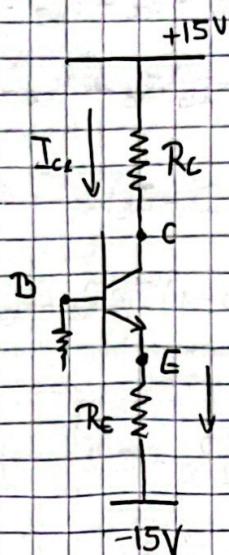
$$V_{CB} = V_{CE} - V_{DE} = 3,55 - 0,7 = 2,85 V$$

② If input voltage  $V_T = 26 \text{ mV}$  and current values:  $\beta = 100$ ,  $I_{C1} = 1 \text{ mA}$  and  $V_{BE1} = 0,7 \text{ V}$

Given values from task part a) apply to transistor 2:  $\beta = 100$  and  $I_{C1} = 1 \text{ mA}$

$$V_C = 5 \text{ V}$$

$$V_T = 26 \text{ mV}$$



$$\beta = 100, I_{C1} = 1 \text{ mA}, V_{BE1} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_C = 5 \text{ V}$$

$$V_R = 15 \text{ V} - V_C = 10 \text{ V}$$

$$R_C: V_R = R_C \cdot I_{C2}$$

$$R_C = 5 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C1} = 1 \text{ mA}, V_{BE1} = 0,7 \text{ V}$$

$$I_{C2} = 2 \text{ mA}, V_{BE2} = ?$$

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{I_S \cdot e^{\frac{V_{BE1}}{V_T}}}{I_S \cdot e^{\frac{V_{BE2}}{V_T}}} = e^{\frac{V_{BE1}}{V_T} - \frac{V_{BE2}}{V_T}}$$

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}}$$

$$V_{BE2} = V_{BE1} - V_T \ln \frac{1}{2} \Rightarrow V_{BE2} = 0,7 - 0,026 \ln \frac{1}{2}$$

$$V_{BE2} = 0,718 \text{ V}$$

$$V_E = R_E \cdot I_E + V_{EE}$$

$$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C = 2,02 \text{ mA}$$

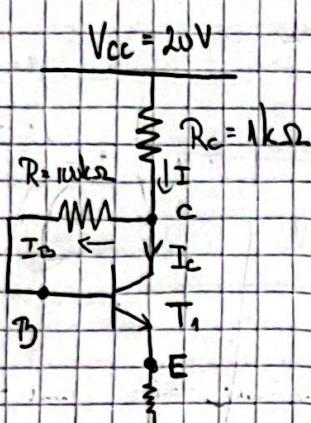
$$R_E = \frac{V_E - V_{EE}}{I_E}$$

$$V_{BE} = V_B - V_E \rightarrow \text{jep je } B \text{ na mali}$$

$$R_E = \frac{-0,718 - (-15)}{2,02 \text{ mA}} = 7,07 \text{ k}\Omega$$

$$V_E = -V_{BE}$$

③ (исини) Нашу сирпјују базе  $I_B = ?$  И пратњијор  $T_1$  је у ампулниј  
ординари ( $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ ).



$$\begin{aligned}
 R_B \cdot I_B &= -I R_C + V_{CC} - V_{BE} = \\
 &= -(I_c + I_B) R_C + V_{CC} - V_{BE} \\
 &= -(\beta I_B + I_B) R_C + V_{CC} = V_{BE} \\
 &= -(\beta + 1) I_B R_C + V_{CC} - V_{BE}
 \end{aligned}$$

$$V_{CE} = ?$$

$$V_{CE} = -I R_C + V_{CC}$$

$$I_B (R_B + (\beta + 1)) R_C = 19,3 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{19,3}{100\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega} = \frac{19,3}{110\text{k}\Omega} = 0,096 \text{ mA}$$

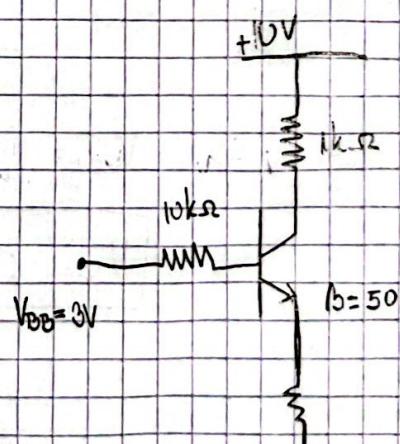
④ Опредлије га му је пратњијор у кому пратњанам ту споји  
у оваком заштитија?

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

Где је у заштитија да је  $V_{CES}$

$$V_{BES} = 0,8 \text{ V}$$

$$I_{CS} = \frac{V_{CC} - V_{CES}}{R_C} = 9,8 \text{ mA}$$



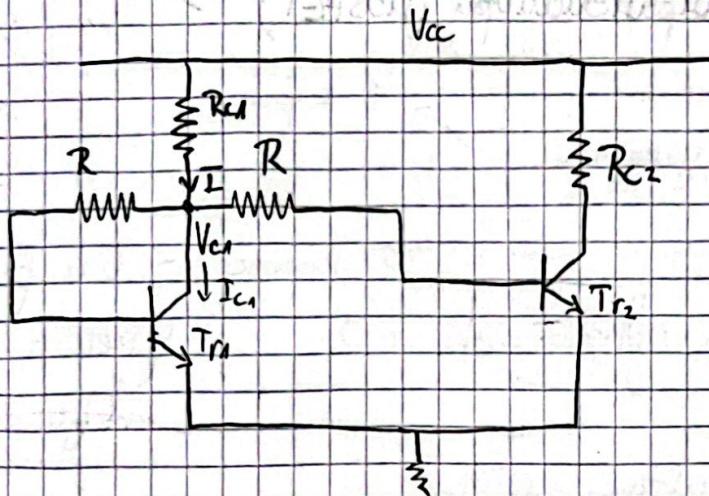
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BES}}{R_B} = 0,22 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 11 \text{ mA} > 9,8 \text{ mA}$$

↳ Сирпјија беша ово сирпје инвертире за заштитија

5. За кога прикачването на спирък ограничава същите успехи за съхранение  
през амплификацията  $R_{C1}$  и  $R_{C2}$ . Съществува генераторизъционална импулсна  
направителна връзка  $V_{BE}$  и генератор на изходният ток е ограничена от  
направителната връзка

(влияе на  $I_{CB}$ , ограничено)



$$\Rightarrow I_{B1} = I_{B2} = I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} \quad (1)$$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{C1}} \quad (2)$$

$$I \rightarrow RI_B + V_{BE} = V_{C1} \rightarrow (2)$$

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

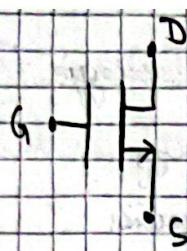
$$I = \beta \cdot I_B + 2I_B = (\beta + 2)I_B \quad (3)$$

$$I = \frac{V_{CC} - RI_B - V_{BE}}{R_{C1}} \rightarrow (3)$$

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

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

$$I_{C2} = \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R + (\beta + 2)R_{C1}}$$



- үчилішарын N-mos транзистор

Нейтрал, дрейф, сурс

$$I_G = 0 \text{ YOUNEK!}$$

$I_D$  - штрафда дрейфа

$$V_G = \dots > V_{TN}$$

Үчилішарын транзисторы (MOSFET)

$$V_{GS} > V_{TN} \rightarrow \text{транзистор үчиліштін}$$

$$\textcircled{1} V_{DS} > V_{GS} - V_{TN} \rightarrow \text{засынене}$$

$$\textcircled{2} V_{DS} < V_{GS} - V_{TN} \rightarrow \text{максималдық сипаттама}$$

1. көркем

2. көркем

- ү.ү. сипаттама

үчелештік сипаттама

Преципсиялдану оғы же ү. засынене үйн.

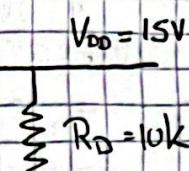
$$\text{Засынене} \rightarrow I_D = k_n (V_{GS} - V_{TN})^2$$

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

$$\text{ТРУУАЛТА} \rightarrow I_D = k_n (2(V_{GS} - V_{TN})V_{DS} - V_{DS}^2)$$

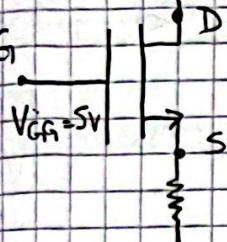
Потенциал, кв. яғни сипаттама

① Определим основной рабочий режим транзистора - то конец на схеме.



$$V_{thn} = 1V$$

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



$$V_{GS} = V_{GG} = 5V > V_{thn} \Rightarrow T \text{ функция}$$

$$V_{DS} \square V_{GS} - V_{thn}$$

т.н. сатурация

$$I_D = k_n (V_{GS} - V_{thn})^2 = 0,5 (5-1)^2 = 8 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = -I_D R_D + V_{DD}$$

$V_{DS} = -8 \text{ mA} \cdot 1k\Omega + 15V = -65V$   $\rightarrow$  Нен. наим. не сущ. тока or max. наим. тока, и не макс. ток.

Ниже я симулирую, что ток уменьшает.

Зададим  $R_D = 1k\Omega \Rightarrow V_{DS} = -8 \text{ mA} \cdot 1k\Omega + 15V = 7V$

$V_{DS} = 7 \quad V_{GS} - V_{thn} = 5 \quad 7 > 5 \quad - \text{Задача решена.}$

2. Проверити да ли је  $V_{GS} = 5V$  веће од  $V_{th} = 1V$ .  
Која је стапа у којој се налази дрејн и извор у овом случају?

$$V_{th} = 1V$$

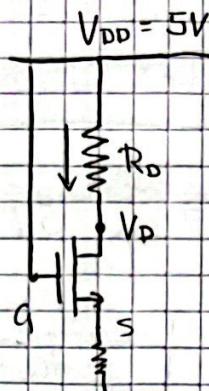
$$k_n = 0,5 \text{ mA/V}^2$$

$$V_{DD} = 5V$$



$$\frac{k_n \cdot W}{L} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \Rightarrow k_n = \frac{WnCoxW}{2L}$$

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



$$V_{GS} = 5V$$

$V_{GS} > V_{th} = 1V$  учиђен

$$V_{DS} = V_D = 0,1 \text{ } \square \text{ } 5-1V$$

Приложији садашњи

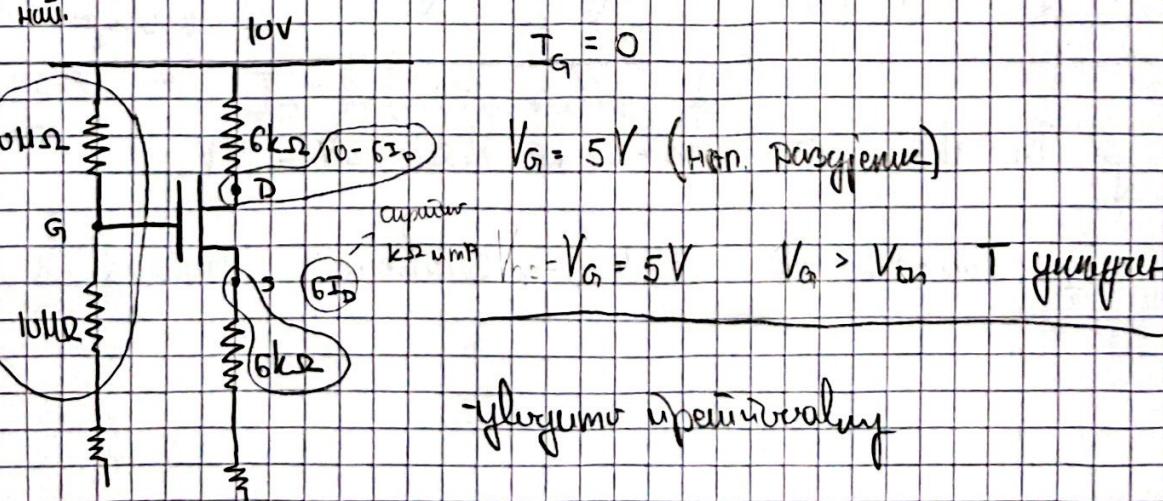
$$I_D = k_n \left( 2 \cdot (V_{GS} - V_{th}) V_{DS} - V_{DS}^2 \right) = 0,395 \text{ mA}$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{5 - 0,1}{0,395} = 12,4 \text{ k}\Omega$$

$$r_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D} = \frac{0,1}{0,395} = 253 \Omega$$

3. Нату даље и апракоји,  $V_{th} = 1V$ .

Сваке квартове  
премјени.



$$I_D (\text{mA}) \cdot 6 (\text{k}\Omega) = 6 I_D$$

$$V_{GS} = 5 - 6I_D \quad I_D = k_n (V_{GS} - V_{th})^2$$

$$I_D = 0,5 \left( (5 - 6I_D) - 1 \right)^2 \Rightarrow 18I_D^2 - 25I_D + 8 = 0$$

$$I_{D1} = 0,89 \text{ mA}$$

$$\boxed{I_{D2} = 0,5 \text{ mA}}$$

$$V_S = 6 \cdot 0,89 = 5,34 \text{ V}$$

$$\boxed{V_S = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ V}}$$

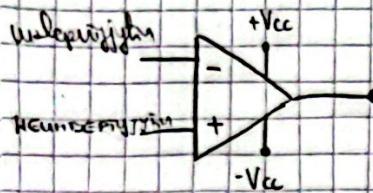
$$V_{GS} = 2 \text{ V} \quad V_D > V_G - V_{th}$$

$$V_D = 10 - 3 = 7 \Rightarrow \boxed{7 > 2-1} \text{ (ausrechnen)}$$

$$\boxed{V_D = 7 \text{ V}}$$

## Операционыи усилители

- Несимметрические как основы коммутации,



- Усилители реального на идеальных и реальных базах на логике

$$A_V \rightarrow \infty$$

$$R_{IN} \rightarrow \infty \text{ ("не управим" сопротивление)}$$

$$R_{OUT} \rightarrow 0$$

Основные параметры  $A_V, R_{IN}$

и  $R_{OUT}$

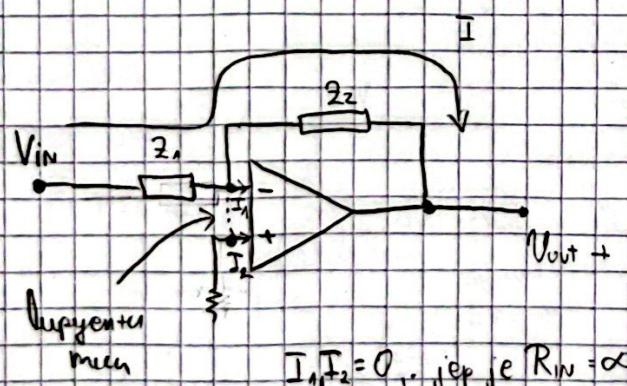
$$V_{IN} = V_{IN1} - V_{IN2}$$

$$V_{OUT} = A_V (V_{IN1} - V_{IN2})$$

- Видимо  $V_{IN1}$  и  $V_{IN2}$  синфазно

- Синфазное управление - приводящее к ошибкам, когда разница амплитуды

## Инвертирующий усилитель



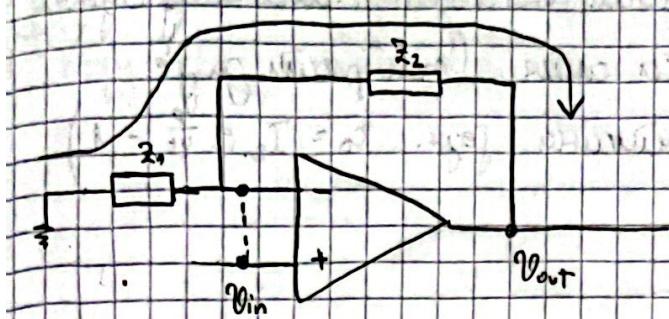
$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{V_{IN}}{Z_1} \\ I_2 &= -\frac{V_{OUT}}{Z_2} \end{aligned} \right\} \frac{V_{IN}}{Z_1} = -\frac{V_{OUT}}{Z_2}$$

$$A_V = -\frac{Z_2}{Z_1}$$

$$I_1, I_2 = 0, \text{ т.к. } R_{IN} = \infty$$

$$A_V = ? \quad A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

## НЕИНВЕРТУЮЩИЙ ПОСЛАНОЧНЫЙ



$$I = -\frac{U_{in}}{Z_1}$$

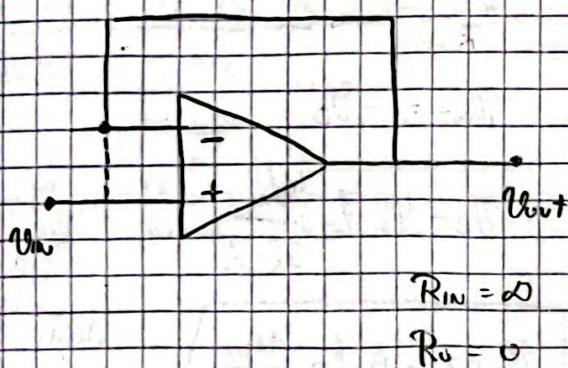
$$-U_{in} + I \cdot Z_2 + U_{out} = 0$$

$$U_{out} = U_{in} - I Z_2 = U_{in} + \frac{U_{in} - Z_2}{Z_1}$$

$$U_{out} = U_{in} \left( 1 + \frac{Z_2}{Z_1} \right)$$

$$A_{vo} = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$$

## НАПОЛНЯЮЩИЙ СВЕДЕНИЯ

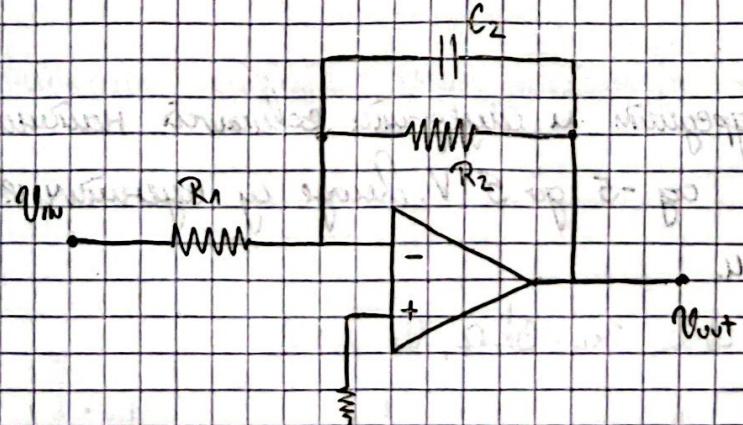


$$A_{vo} = \frac{U_{out}}{U_{in}} = 1$$

$$R_{in} = \infty$$

$$R_o = 0$$

1.



$$A(j\omega) = \frac{U_{out}(j\omega)}{U_{in}(j\omega)}$$

Пренебр.  
об \$j\omega\$

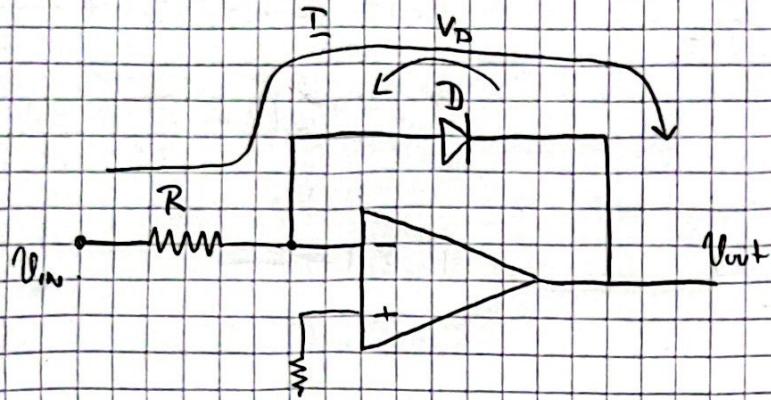
$$A(j\omega) = -\frac{Z_2}{Z_1}$$

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C_2} \cdot R_2}{\frac{1}{j\omega C_2} + R_2} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

$$Z_1 = R_1$$

$$A(j\omega) = -\frac{\frac{R_2}{R_1}}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

2) Із кого са спире определити залежості між током та напругою на діоді. Кожен об'єкт отримає кіно са спире. Співвідношення буде  
так. Поясніть висновок а звідки спире висновка євк.  $I_D = I_s e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1$



$$I_D = I_s \left( e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_s e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

$$I_D = \frac{V_{in}}{R}$$

$$\frac{V_{in}}{R} = I_s e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

$$V_{out} = -V_D$$

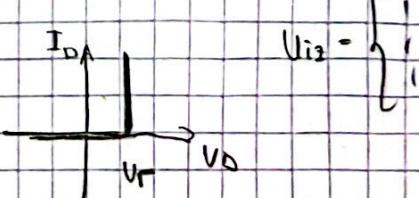
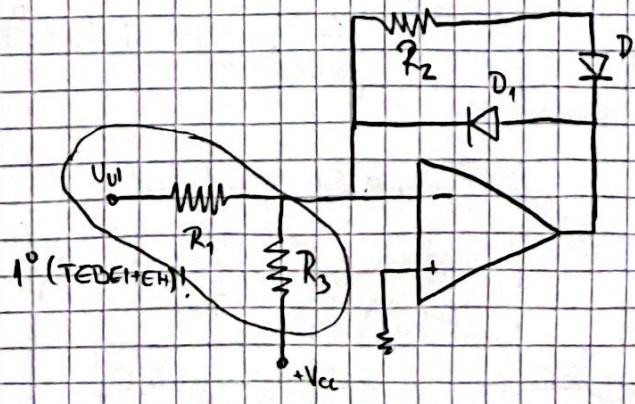
$$V_D = \Psi_f \cdot \ln \frac{V_{in}}{I_s \cdot R}$$

$$V_{out} = -\Psi_f \cdot \ln \frac{V_{in}}{I_s \cdot R}$$

- лог.  
відображення

3) Із кого отримано на спире определити в спире залежості між токами  $V_{i21}$  та  $V_{i1}$  якщо са  $V_{i1}$  тиється від  $-5$  до  $5$  В. Доведи са висновок  
за допомогою. Принципом на спире.

$$V_{cc} = 15V, R_1 = 1k\Omega, R_2 = 2k\Omega, R_3 = 4k\Omega, R_4 = 3k\Omega, V_F = 0.6V$$

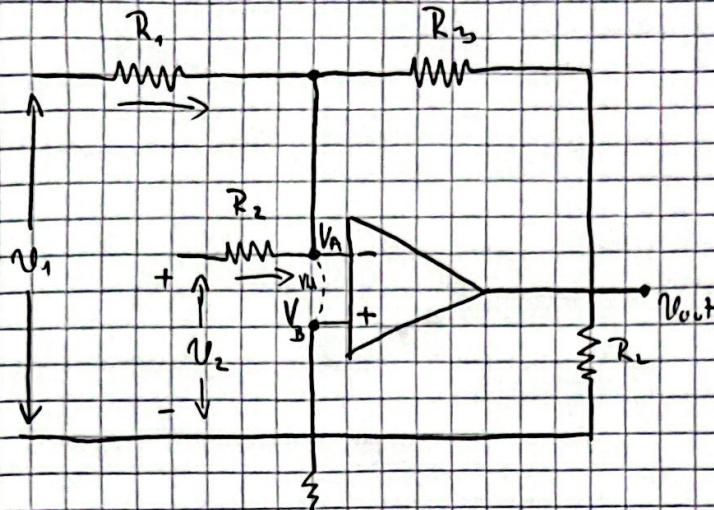


$$1^{\circ} V_T < 0 (D_1?, D_2?)$$

$$2^{\circ} V_T > 0 (D_1?, D_2?)$$

$$3^{\circ} V_T = 0$$

4. За кого на схеме изображены узлы у заземления схемы  $V_1$  и  $V_2$ .  
Какой общий общий общий узел?



$$R_1 = R_2 = R_3 = 10k$$

$$\frac{V_A - V_1}{10k} + \frac{V_A - V_2}{10k} + \frac{V_A - V_{out}}{10k} = 0$$

$$\frac{V_1}{10k} - \frac{V_2}{10k} - \frac{V_{out}}{10k} = 0 \Rightarrow -V_1 - V_2 = V_{out}$$

$$\boxed{V_{out} = -(V_1 + V_2)}$$

сумма / умножение  
изменение

изменение

Равнозначимое - неизменное - изменение