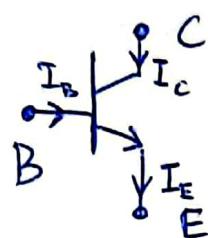


БИПОЛАРНИ ТРАНЗИСТОРИ

- ЈРЕСАЈ/КОМПОНЕНТА КОЈА ИМА 3 ПИНА/ПРИКЉУЧКА И ЧИЈА СЕ СТРУЈА /НАПОН/ СНАГА КОНТРОЛИШУ СТРУЈОМ БАЗЕ
- ПРИМЈЕНА: ПРЕКИДАЧИ, ПОЈАЧАВАЧИ
- 2 РН СЛОЈА



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

$$\bar{I}_B = \frac{I_c}{\beta}$$

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

$$I_E = I_c + I_B$$

B → БАЗА

C → КОЛЕКТОР

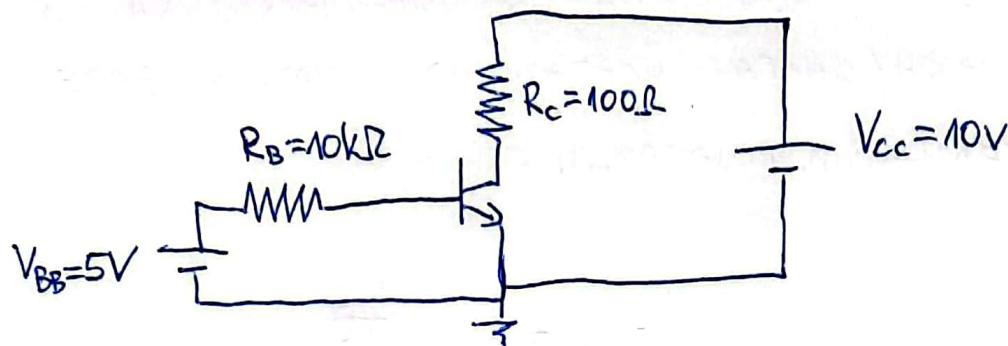
E → ЕМИТОР



- УЛАЗНА И ИЗЛАЗНА КАРАКТЕРИСТИКА ТРАНЗИСТОРА !

1 ОДРЕДИТИ $I_B, I_c, I_E, V_{BE}, V_{CE}, V_{CB}$ ЗА КОЛО ПРИКАЗАНО НА СЛИЦИ.

$$\beta = 150$$



РЈЕШЕЊЕ:

$$V_{BE} = 0,7V \Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = 430\mu A$$

$$I_c = \beta \cdot I_B = 64,5mA$$

$$I_E = I_c + I_B = 64,9mA$$

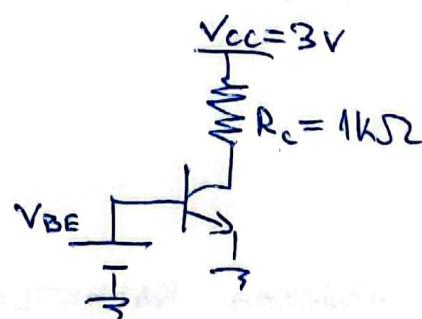
$$V_{CE} = V_{CC} - I_c \cdot R_c = 3,55V$$

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

^{КОНЕКТАР}

$$\Rightarrow I_c = \beta \cdot I_B + (\beta + 1) \cdot I_{CBO}^0$$

2 ОДРЕДИТИ ИЗЛАЗНИ НАПОН ЗА КОЛО НА СЛИЦИ, ПРЕПОСТАВИТИ ДА ЈЕ ТРАНЗИСТОР У АКТИВНОЈ ОБЛАСТИ, $I_s = 5 \cdot 10^{-16} A$, $V_{BE} = 750mV$, $V_T = 26mV$

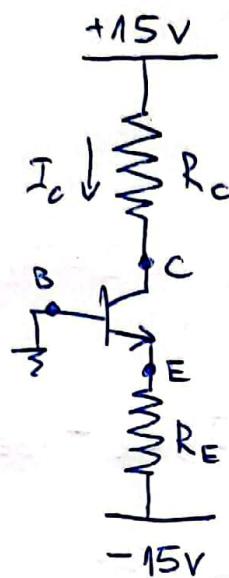


РЈЕШЕЊЕ:

$$I_c = I_s \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = 5 \cdot 10^{-16} \cdot e^{\frac{750mV}{26mV}} = 1,63mA$$

$$V_o = V_{CC} - R_c I_c = 3 - 1 \cdot 10^3 \cdot 1,63 \cdot 10^{-3} = 1,31V$$

3] ТРАНЗИСТОР је колја са слике има $\beta=100$ и $I_{C1}=1\text{mA}$ да $V_{BE1}=0,7\text{V}$. Пројектовати коло тако да струја колектора буде 2mA и напон на колектору 5V.



РЕШЕЊЕ:

$$V_{R_C} = V_{CC} - V_C = 15\text{V} - 5\text{V} = 10\text{V}$$

$$\begin{aligned} R_C: \quad V_R &= R_C \cdot I_{C2} \\ \Rightarrow R_C &= \frac{V_R}{I_{C2}} = \frac{10\text{V}}{2\text{mA}} = 5\text{k}\Omega \end{aligned}$$

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

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

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

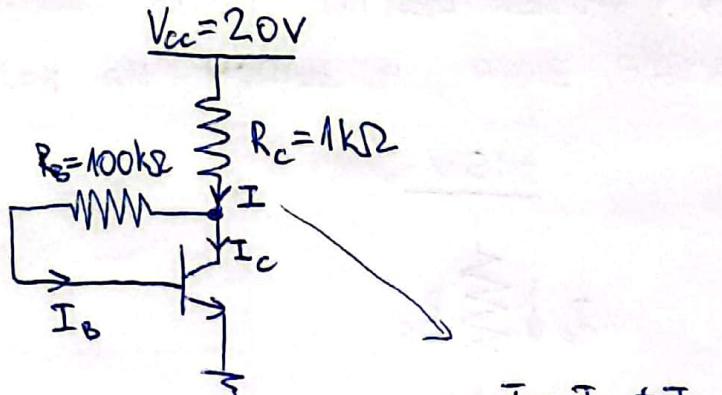
$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \cdot \ln \left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}} \right) \Rightarrow V_{BE2} = 0,7 - 0,026 \cdot \ln \left(\frac{1}{2} \right) = 0,718\text{V}$$

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

$$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} \cdot I_{C2} = \frac{101}{100} \cdot 2\text{mA} = 2,02\text{mA}$$

$$R_E = \frac{V_E - V_{EE}}{I_E} = \frac{-0,718 - (-15)}{2,02 \cdot 10^{-3}} = 7,07\text{k}\Omega$$

4) НАДИ I_B И V_{CE} . ТРАНЗИСТОР ЈЕ У АКТИВНОЈ ОБЛАСТИ ($\beta=100$, $V_{BE}=0,7V$)



РЕШЕЊЕ:

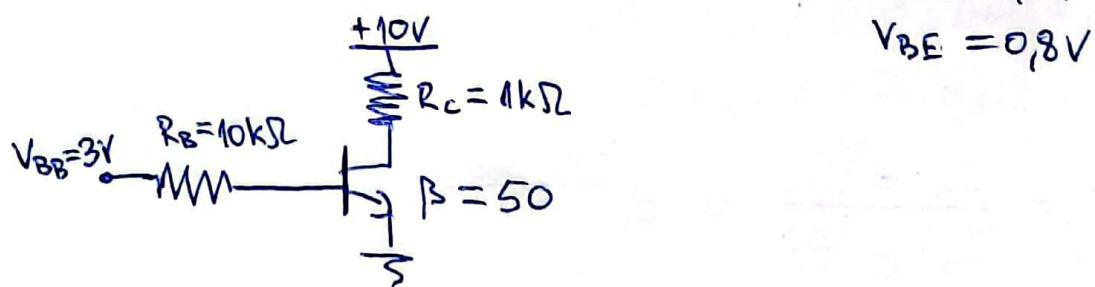
$$R_b \cdot I_B = V_{CC} - (\beta \cdot I_B) \cdot R_c - I_B \cdot R_c - V_{BE}$$

$$I_B = \frac{20 - (100+1) \cdot I_B \cdot 1k - 0,7}{100k} = \frac{19,3}{100k} - \frac{101}{100} I_B$$

$$\Rightarrow I_B + \frac{101}{100} I_B = \frac{19,3}{100k} \Rightarrow I_B = 96 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_c + I_B) \cdot R_c = 20 - (9,6 \text{ mA} + 0,096 \text{ mA}) \cdot 1k = 9,626 \text{ V}$$

5) ОДРЕДИТИ ДА ЛИ ЈЕ ТРАНЗИСТОР У КОЈУ ПРИКАЗАНОМ НА СЛИЦИ У ОБЛАСТИ ЗАСИЋЕЊА. ПРЕТПОСТАВИТИ $V_{CES}=0,2V$



РЕШЕЊЕ:

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

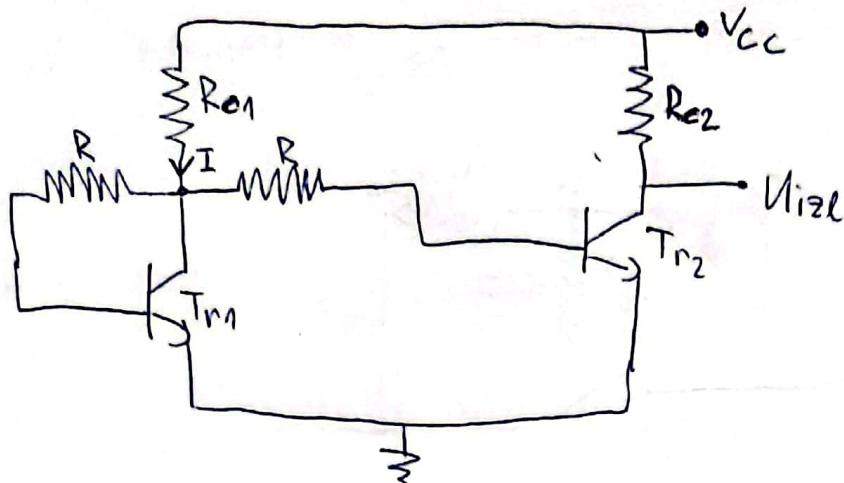
* САДА ТРЕБА ПРОВЈЕРИТИ ДА ЛИ ЈЕ I_B ДОВОЉНО ВЕЛІКА ДА БИ ОДВЕДА ТРАНЗИСТОР У ЗАСИЋЕЊЕ Т.Ј. $I_c > I_{CS}$

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

$I_c = \beta \cdot I_B = 11 \text{ mA} > I_{CS} \rightarrow$ ТРАНЗИСТОР ЈЕ У ЗАСИЋЕЊУ.

6.

ЗА КОЛО ПРИКАЗАНО НА СЛИЦИ ОДРЕДИТИ ОПШТЕ ИЗРАЗЕ ЗА СТРУЈЕ КРОЗ ОТПОРНИКЕ R_{C1} И R_{C2} . СМАТРАТИ ДА ТРАНЗИСТОРИ ИМАЈУ ИДЕНТИЧНЕ ПАРАМЕТРЕ (β И V_{BE}), КАО И ДА СУ ПОЗНАТЕ СВЕ ВРЈЕДНОСТИ ЕЛЕМЕНТА ДОПРИЈЕЉЕНИХ У КОЛУ.



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

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

$$I = I_{C1} + 2I_B = \beta \cdot I_B + 2I_B$$

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

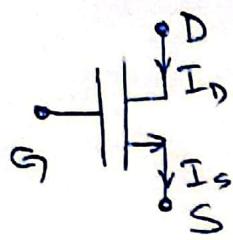
ИЗ (1) $\Rightarrow V_{C1} = RI_B + V_{BE}$ ПА УВРШТАВАМО У (2) И ИЗЈЕДНАЧАВАМО СА (3)

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

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

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

ЈИПОЛАРНИ ТРАНЗИСТОРИ



$$I_G = 0 \quad ?$$

$$V_{GS} > V_{th}$$

НАЛОГ ПРИГАДА

$V_{GS} < V$ ИСКЉУЧЕН

↑
ТРАНЗИСТОР
УКЉУЧЕН (АЛИ
СЕ ЈОШ НЕ ЗНА
У КОЈОЈ ЈЕ ОБЛАСТЦИ)

G → ГЕЈМ

D → дрејн

S → СОРС

$$V_{DS} > V_{GS} - V_{th} \rightarrow \text{ЗАСИЋЕЊЕ}$$

$$V_{DS} < V_{GS} - V_{th} \rightarrow \text{ТРИОДНА ОБЛАСТ}$$

$$I_D = k_n (V_{GS} - V_{th})^2 \rightarrow \text{СТРУЈА ДРЕЈНА КАД ЈЕ ТРАНЗИСТОР У САТУРАЦИЈИ}$$

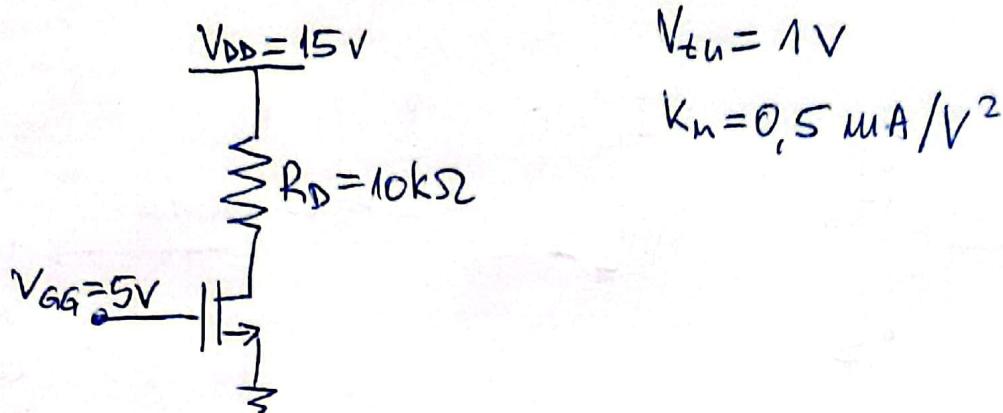
$$I_D = k_n \cdot (2 \cdot (V_{GS} - V_{th}) V_{DS} - V_{DS}^2) \rightarrow \text{СТРУЈА ДРЕЈНА КАД ЈЕ ТРАНЗИСТОР У ТРИОДНОЈ ОБЛ.}$$

k_n → ТРАНСКОНДУКТАНСНИ ПАРАМЕТАР

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

* ИЗЛАЗНА И ПРЕНОСНА КАРАКТЕРИСТИКА ТРАНЗИСТОРА

3) У ОДРЕДИТИ ОБЛАСТ РАДА NMOS ТРАНЗИСТОРА ЗА КОЈО
НА СЛИЦИ.



РЕШЕЊЕ:

ПРОВЈЕРАВАМО ПРВО ДА ли ТРАНЗИСТОР РАДИ;

$$V_{GS} = V_{GG} = 5 \text{ V} > V_{TN} \rightarrow \text{УКЉУЧЕН}$$

ПОШТО НЕ ЗНАМО У КОЈОЈ је ОБЛАСТИ, ПРЕДПОСТАВИЋЕМО
ДА је У САТУРАЦИЈИ (МАКШЕ је!)

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

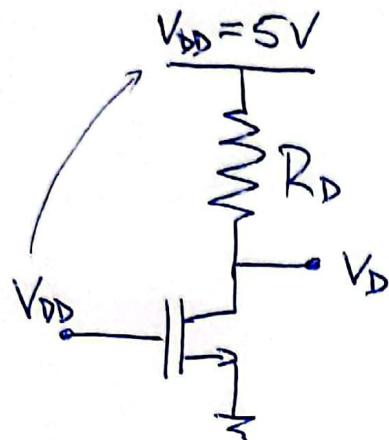
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \cdot R_D = 15 \text{ V} - 8 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = -65 \text{ V}$$

ПРЕДПОСТАВКА НИЈЕ ДОБРА ЈЕР АОБИЈАМО НАПОН ОД -65V
У КОЈУ ГАЈЕ је НАПАЈАЊЕ 15V И ГАЈЕ НЕМА НЕГ.
НАПАЈАЊА. ПРЕМА ТОМЕ, ТРАНЗИСТОР РАДИ У ТРИОДНОј
(омској) ОБЛАСТИ.

ДА НАМ је R_D био 1 kΩ добили бисмо:

V_{DS} = 7 V и V_{DS} > V_{GS} - V_T па би
ТРАНЗИСТОР био у ЗАСИЋЕЊУ.

2) ПРОЈЕКТОВАТИ КОЛО СА СЛИКЕ ТАКО ДА НАДОДИ НА ДРЕЈНУ БУДЕ $0,1V$. КОЈА ЈЕ ОТПОРНОСТ ЧЗМЕЂУ ДРЕЈНА И СОРСА У ТОМ СЛУЧАЈУ? $V_{th} = 1V$, $k_m = 0,5 \text{ mA/V}^2$, $V_{DD} = 5V$



РЈЕШЕЊЕ:

$$V_{GS} > V_{th} \quad \text{ТРАНЗИСТОР} \quad \text{РАДИ}$$

$$V_{DS} = V_D = 0,1 < 5 - 1V \quad \text{ТРИОДНА ОБЛАСТ}$$

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

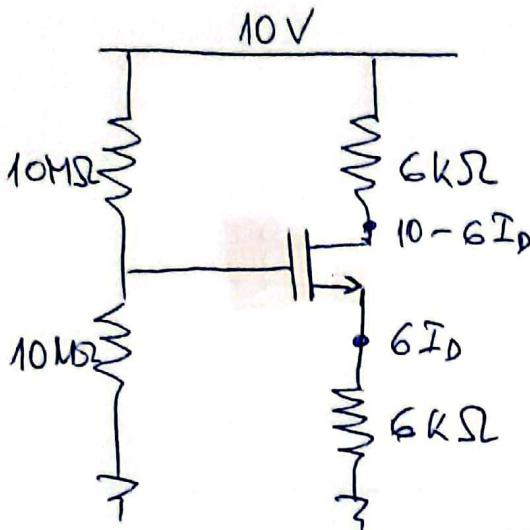
$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{5 - 0,1}{0,395 \text{ mA}} = 12,4 \text{ k}\Omega$$

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

3 НАДИ СВЕ НАЛОНЕ И СТАВЈЕ

$$V_{GS} = 1V$$

$$k_u' \left(\frac{W}{L} \right) = 1 \text{ mA/V}^2 \Rightarrow k_u = \frac{P_{uCox}}{2} \cdot \frac{W}{L} = 0,5 \text{ mA/V}^2$$



Рјечеве:

$$I_G = 0 \Rightarrow \text{НАПОНСКИ РАЗДЈЕЛНИК} \quad V_G = 5V$$

$V_G > V_{TN}$ \Rightarrow ТРАНЗИСТОР ЈЕ УКЉУЧЕН, САНО НЕ ЗНАМО У којој је област

Уведимо претпоставку да је у сатурацији (ако погријешимо, онда је у триодној)

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

$$V_{GS} = 5 - 6 I_D ; \quad I_D = k_u \cdot (V_{GS} - V_{GS})^2$$

$$x_{II} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

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

$$I_{D1} = 0,89 \text{ mA} \quad I_{D2} = 0,5 \text{ mA}$$

$$\Downarrow$$

$$V_S = 6 \cdot 0,89 = 5,34$$

НЕМА СМСЛА
да је веће од V_G

$$\Downarrow$$

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

$$V_{GS} = \boxed{2V}$$

$$V_D = 10 - 6 \cdot 0,5 = \boxed{7V}$$

$V_D > V_G - V_{GS}$
САТУРАЦИЈА