

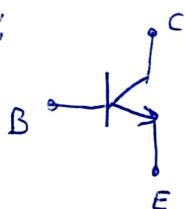
БИМОЛАРНИ ТРАНЗИСТОРИ

- Бимоларни транзистор је компонента која има 3 извода чија се излазна струја, највише или скраћује контролишући увозну струјом.
- Најчешће се користи у комуникацијама као појачавач малих сигналова.
- У дигиталним системима користи се као прекидач.

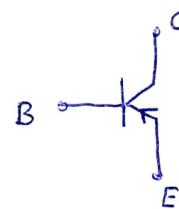
Структура транзистора

- Састоји се из 3 додирача полупроводника одвојених од 2 PN-штоја које називамо: емитер (E), база (B) и колектор (C).
- Јестоје 2 типа транзистора: PNP и NPN.

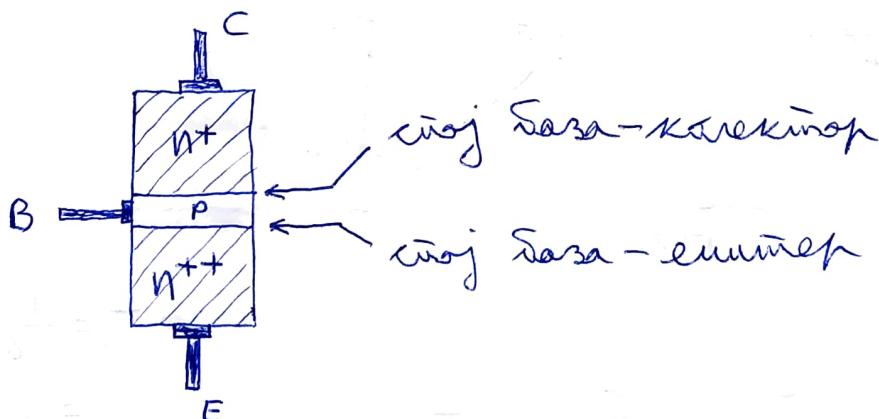
NPN:



PNP:

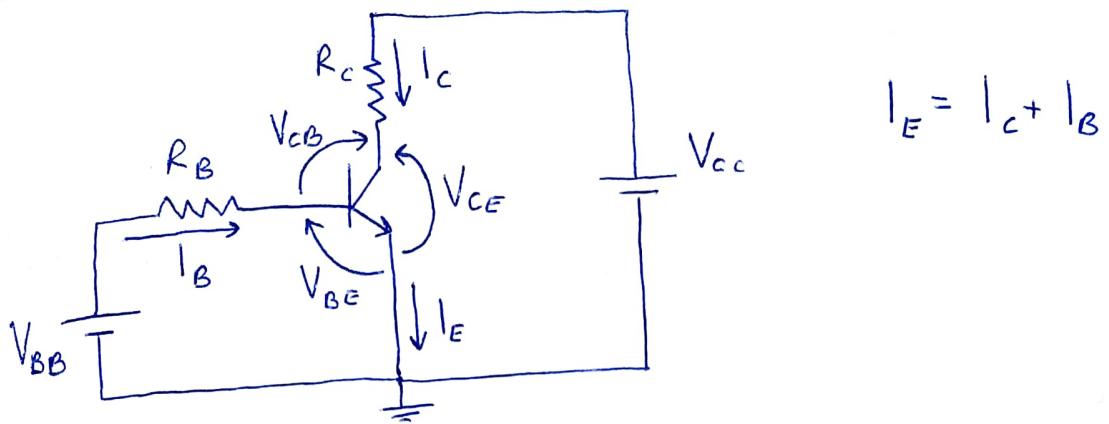


- Основа базе је слој додирач полупроводник мале ширине у поређењу са бОјато додирачим емитером и широким додирачим колектором.



Основне операције транзистора

- За да транзистор исправно ради, оба PN-штоја морају бити поларизовани истичним напонским изворима.
- Исправна поларизација остварује се када је стој база-емитер поларизован пропусно (директно), док је стој база колектор поларизован инверзно.



$$I_E = I_C + I_B$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \leftarrow \text{Što je karakteristika tranzistora u svojim sa većinskim emiterom}$$

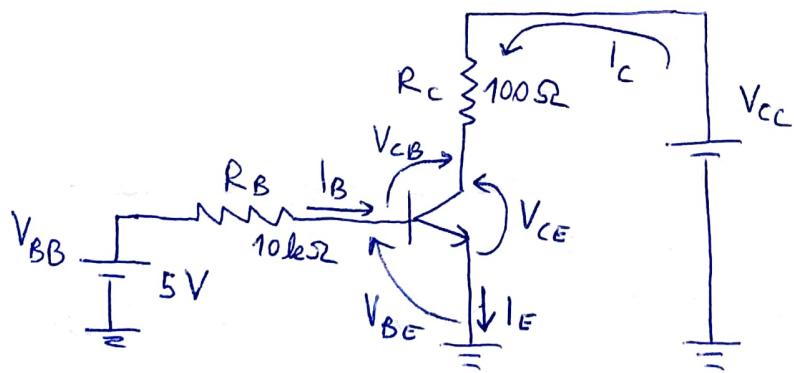
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} < 1 \quad \leftarrow \text{Što je karakteristika tranzistora u svojim sa većinskim bazaem. Kretanje u transistoru } 0,95 \div 0,99.$$

$$\gamma = \frac{I_E}{I_B} \quad \leftarrow \text{Što je karakteristika tranzistora u svojim sa većinskim kolektorom.}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} ; \quad \gamma = \beta+1 ; \quad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

- Kada je emitor baza-emiter prekidan izolovan, tada je on smanjen prekidan izolovanoj strani, na je $V_{BE} \approx 0,7 \text{ V}$.

Primjer: Odrediti I_B , I_C , I_E , V_{BE} , V_{CE} i V_{CB} za kada je prikazano na sljedeći. Što je poznato: $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$; $\beta = 150$.



Pojedinke:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = 430 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 64,5 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 64,9 \text{ mA}$$

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

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 2,85 \text{ V}$$

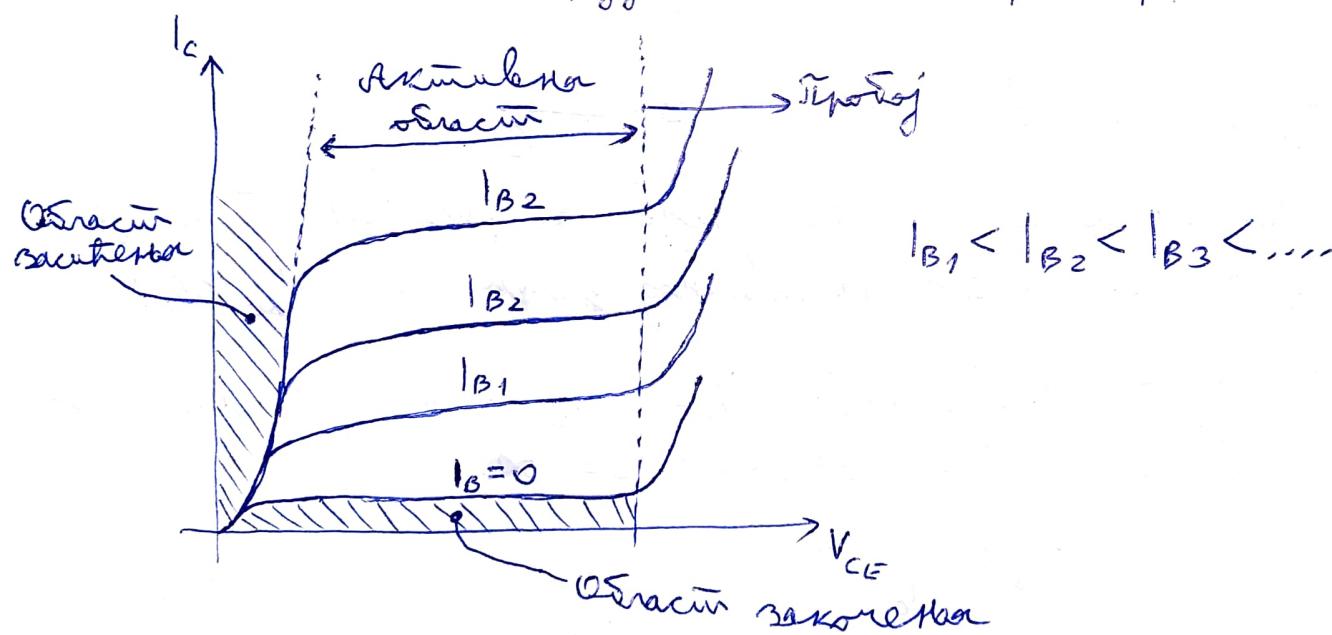
- Ako se uzima u obzir u stupnju inverzno polarizovane snovi baza-kolektor, stupnju kolektora je odrediteno sa:

$$I_c = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO}$$

I_{CBO} - stupnja inverzno polarizovane PN-čvorje. Odnosno se ova stupnja zanemaruje.

Carakteristike bipolarnog tranzistora

- Izvezna stacionarna stupnjevo-matrica karakteristika:



- Tranzistor u zavisnosti od naredne polarizacije ima 4 karakteristicka rada režima:

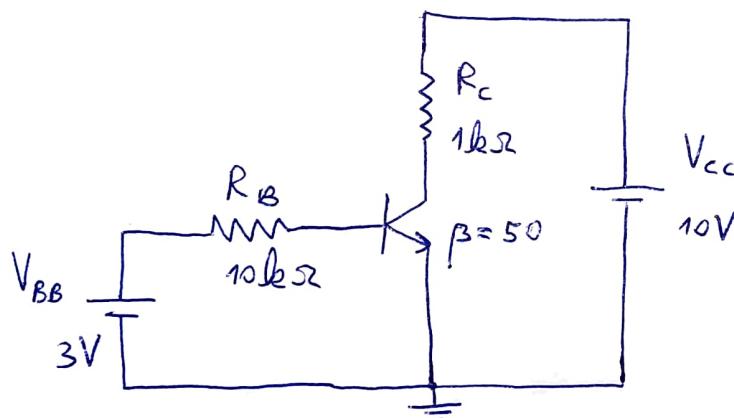
1º Režim zastitevka: Oba PN-snovi inverzno polarizovana. Tranzistor je iskvanjen i $I_c = 0$.

2º Režim zastitevka: Oba PN-snovi direktno polarizovana. Tranzistor bez obzira na gase dohvatačne stupyje I_B ne može da dohvata stupyje I_c , a nared $V_{CE} = V_{CES} \approx 0,1 \text{ V}$.

3º Активни резим: Свој база-емитер поларизован дупликато, а свој база-колектор инверзно. У овом резиму транзистор се погаша као појарач и приједи: $I_c = \beta I_B$.

4º Инверзни активни резим: Свој база-колектор дупликато поларизован, а свој база-емитер инверзно. Сматрајући да је транзистор несигурнији елемент, у овој областим је појарачки струје мање него у активној: $I_E = \beta_R I_B$, $\beta_R \ll \beta$

-Пријед: За касо са чије ограниченој висини је транзистор у областим зауставка. Потрошаност за је $V_{CES} = 0,2V$; $V_{BES} = 0,8V$.



Решење:

$$I_{cs} = \frac{V_{cc} - V_{CES}}{R_c} = 9,8 \text{ mA}$$

Сада треба проверити да ли је I_B добово велико да би транзистор био у зауставку, тј. да ли је испуњено $I_c > I_{cs}$ (или $I_B > I_{BS}$).

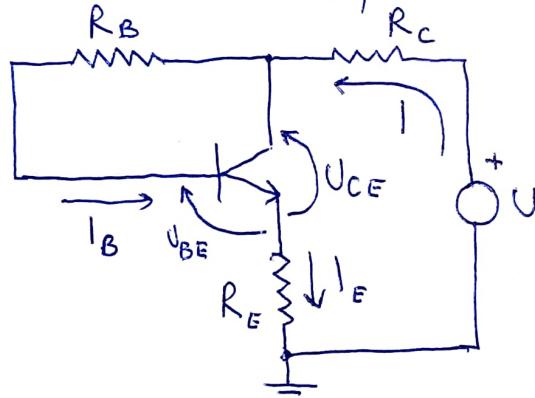
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BES}}{R_B} = 0,22 \text{ mA}$$

$$I_c = \beta I_B = 11 \text{ mA} > I_{cs} \leftarrow \text{Закијујено да је транзистор у зауставку.}$$

15) За кога приказати на схеми:

a) Ког претпоставкамо да су познате вриједности напона напајача U , отпорности R_B , R_C и R_E , као и карактеристични параметри транзистора (које симболизује је базе је колектор β , којом између базе и емитера транзистора при раду је активна област U_{BE} , и инверзна симболизација заштите колекторске струје I_{CB0}), одредити стварни израз за вриједност струје I_B .

δ) Израчунати бројне вриједности напона U_{CE} и струје I_B при задатим вриједностима параметара кога: $U=10V$, $\beta=99$, $I_{CB0}=1\mu A$, $R_B=100k\Omega$, $R_C=R_E=2k\Omega$.



Решение:

$$a) I = I_E = I_B + I_C$$

$$U_{CE} = U - I_E (R_C + R_E)$$

$$U_{CE} = U_{BE} + R_B I_B$$

На основу напона у посматраном когу ($U_{BE} > 0$, $U_{CB} > 0$), може да транзистор није у заштити. Ако је $U \gg U_{BET}$, тада ток ће налазити у активној области
за коју ће се:

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CB0} ; I_E = I_B + I_C$$

$$I_E = (\beta + 1)(I_B + I_{CB0})$$

$$U_{CE} = U - I_E (R_C + R_E) = U_{BE} + R_B I_B$$

$$U - (\beta + 1)(R_C + R_E)(I_B + I_{CBO}) = R_B I_B + U_{BE}$$

$$I_B = \frac{U - U_{BE} - (\beta + 1)(R_C + R_E) I_{CBO}}{R_B + (R_C + R_E)(\beta + 1)}$$

8) На основу ведаће вриједности инверзне напруге заступљене највећом колективском струјом I_{CBO} , закључујемо да је транзистор термодијујски, за који се може уочити да је у активној областим напон $U_{BE} \approx 0,2V$.

$$I_B = \frac{10 - 0,2 - 100 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^3 + 100 \cdot 4 \cdot 10^3} = 18,8 \mu A$$

$$U_{CE} = R_B I_B + U_{BE} = 100 \cdot 10^3 \cdot 18,8 \cdot 10^{-6} + 0,2 = 2,08 V$$

16) За када приказано на слици, поznате су вриједности карактеристичних параметара транзистора (β, U_{BE}, I_{CBO}).

a) Једнотактној схеми транзистора приказаној на слици, поznате су вриједности напона највеће напонајања, U_{CC} и U_{BB} , као и оппортуностни R_B, R_C и R_E , одредити симетрични израз за I_C .

б) Одредити вриједност напона U_{CE} .

Поznато је:

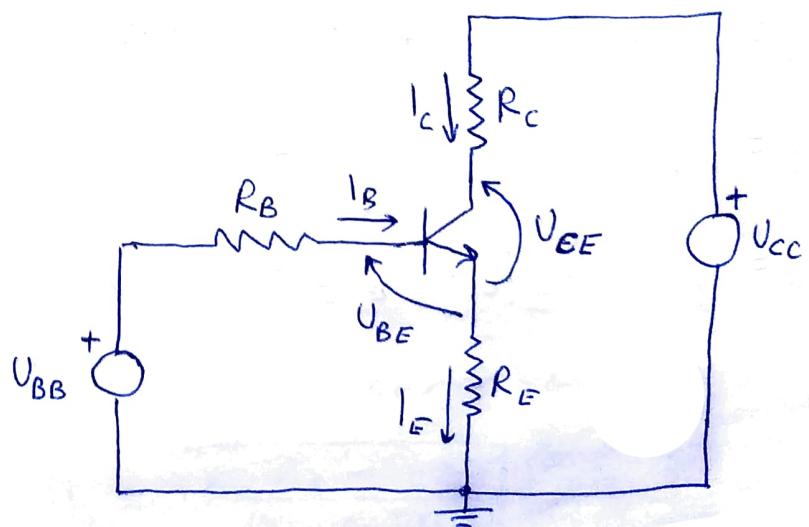
$$U_{CC} = 10 V; U_{BB} = 5 V$$

$$I_{CBO} = 1 nA; \beta = 100$$

$$R_C = 1,5 k\Omega$$

$$R_B = 65 k\Omega$$

$$R_E = 1,5 k\Omega$$



Pjewekel:

$$-U_{BB} + R_B I_B + U_{BE} + R_E I_E = 0 \quad \leftarrow$$

$$I_E = (\beta+1)(I_B + I_{CBO})$$

$$-U_{BB} + R_B I_B + U_{BE} + (\beta+1)R_E(I_B + I_{CBO}) = 0$$

$$I_B [R_B + (\beta+1)R_E] = U_{BB} - U_{BE} - I_{CBO} \cdot (\beta+1)R_E$$

$$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B + (\beta+1)R_E} - \frac{(\beta+1)R_E}{R_B + (\beta+1)R_E} I_{CBO}$$

$$I_C = \beta I_B + (1+\beta) I_{CBO}$$

$$\boxed{I_C = \beta \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B + (1+\beta)R_E} + (1+\beta) \frac{R_B + R_E}{R_B + (1+\beta)R_E} I_{CBO}}$$

δ) Na osnovu sagane vrijednosti I_{CBO} , zaključujemo da je izpolzivacim simulijski, na je $V_{BE} = 0,6$ V.

$$I_B = \frac{5 - 0,6}{65 \cdot 10^3 + 101 \cdot 1,5 \cdot 10^3} - \underbrace{\frac{101 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{65 \cdot 10^3 + 101 \cdot 1,5 \cdot 10^3} \cdot 10^{-9}}_{\text{Vrednost koja mora biti zamenjana}}$$

$$I_B \approx \frac{4,4}{216,5 \cdot 10^3} = 20,3 \mu A$$

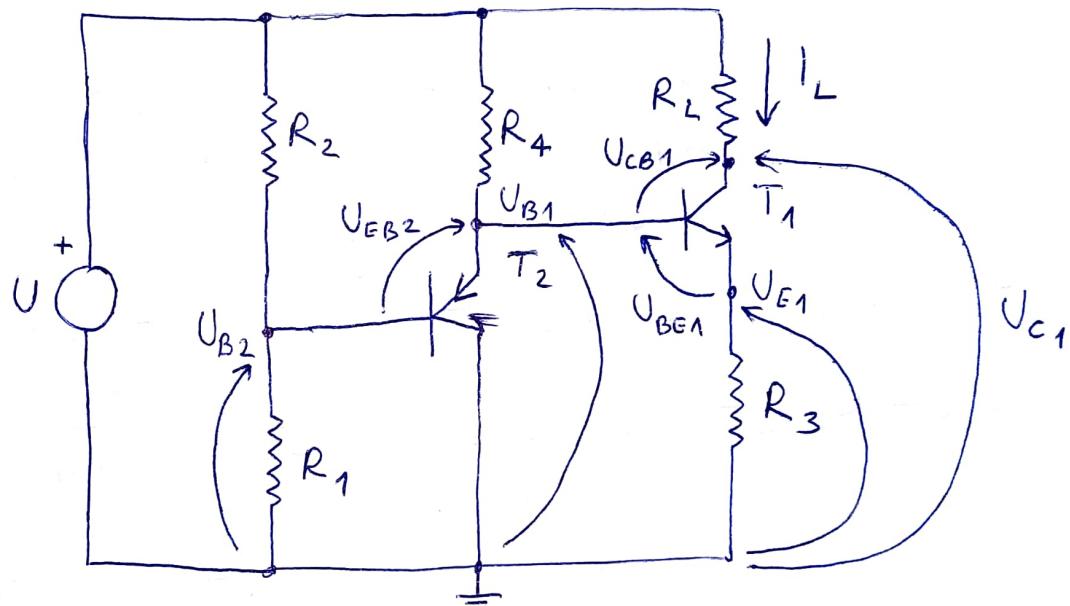
$$I_C = 100 \cdot 20,3 \mu A + 101 \cdot 1 nA \approx 2,03 mA$$

$$I_E = I_B + I_C \approx 2,05 mA$$

$$U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 3,88 V$$

17) За кадо приказано на слици, поштранзисторском
да је инверзна струја заступљена колектиорском струјом
која је већима већа од базне струје, а да је β добово велико да се
струје базе транзистора могу заменити у
односу на остале струје у касу:

- Определи симбол израз за вриједност струје I_L
- Определи потребан услов у погрђу односа вриједности напона U и вриједности параметара
транзистора у посматраном касу, да струја I_L не
зависи од вриједности отпорности R_L .



Рјешење:

- С обзиром да је β добово велико да струје базе ме-
стено заменити, да се транзисторе сматрају
да је струја колектиора једнака струји емитера.

$$I_L = \frac{U_{E1}}{R_3}$$

$$U_{E1} = U_{B1} - U_{BE1}$$

$$U_{B1} = U_{B2} + U_{EB2} \Rightarrow U_{E1} = U_{B2} + U_{EB2} - U_{BE1} \approx U_{B2}$$

$$U_{B2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \approx U_{E1} \Rightarrow$$

$$I_L \approx U \frac{\frac{R_1}{(R_1 + R_2) R_3}}{(R_1 + R_2) R_3}$$

У односу на омјепретачку R_L , када се транзистор налази у активној областима рада, који једије као извор струје I_L , која је вриједност омјепретача вриједносту струје кроз омјепретач R_3 , односно вриједностима напона U и омјепретачких R_1 , R_2 и R_3 , а не зависи од вриједности омјепретача R_L .

δ) Са повећањем омјепретачка R_L , постепенја колекционог T_1 се повећава. Напоне вриједности, међутим, не може дају напон од постепенја емитера транзистора T_2 .

За да би T_1 био у активној областима рада, треба колекционски стајајући напон даје исправљајући, тј. треба да буде већи од $U_{CB1} \geq 0$.

$$U_{CB1} = U_{C1} - U_{B1} = U - R_L I_L - U_{B1} ; \quad U_{B1} = U_{B2} + U_{EB2}$$

$$U_{CB1} = U - R_L I_L - U_{B2} - U_{EB2} ; \quad I_L = U \frac{R_1}{(R_1 + R_2) R_3}$$

$$U_{B2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

$$U_{CB1} = U - \frac{R_L}{R_3} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} U - \frac{R_1}{R_1 + R_2} U - U_{EB2} \geq 0$$

$$\frac{U}{R_1 + R_2} \left(R_2 - R_L \frac{R_1}{R_3} \right) - U_{EB2} \geq 0$$

$$R_2 \geq R_L \frac{R_1}{R_3} + \frac{U_{EB2}}{U} (R_1 + R_2)$$

Ако је $U_{EB2} \ll U$, тада ће се трансистори исправљати макар заједнички. Суједи га је потребан јачај да струја I_L не зависи од R_L :

$$R_L \leq \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

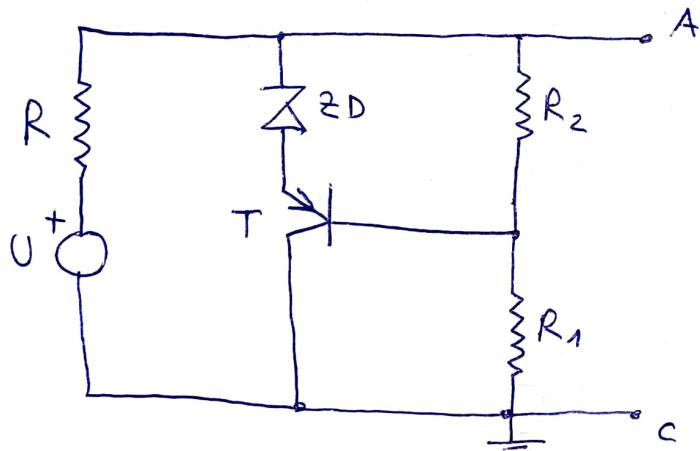
18) За кисо приказано на слици, под претпоставском да је T силнијујући транзистор, чије је β добар веома да се струја базе може заменити у односу на све остале струје у каси:

a) Определити стварни израз који описује зависност напона U_{AC} од вриједности напона U ($U \geq 0$) и напона излаза Зенер-диоде U_Z .

Ако је напон излаза Зенер-диоде $U_Z = 5,6 \text{ V}$, а стварностим R_1 и R_2 једнаке $10 \text{ k}\Omega$:

b) Изразити вриједност напона U_{AC} када је $U = 20 \text{ V}$.

c) Изразити вриједност струје кроз Зенер-диоду I_Z ако је стварностим $R = 1 \text{ k}\Omega$.



Рјешење:

Постоје 2 ствари у каси:

1^o Транзистор је закренут, када се покреће посебни грешак напона који обухватају стварностим R_1 , R_2 и R .

$$U_{AC(1)} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R} U$$

2^o При добар веома посилјеном вриједностима U, када је транзистор T у проводном стању, а диода ZD се налази у стању инверзне излаза, добијамо:

$$U_{AB} = I_2 R_2 = U_z + U_{EB}$$

$$U_{AC(2)} = R_1 I_1 + R_2 I_2$$

$I_1 = I_2 + I_B$; Заменијујемо I_B :

$$I_1 = I_2$$

$$I_2 = \frac{U_z + U_{EB}}{R_2} = I_1$$

$$U_{AC(2)} = (R_1 + R_2) I_2 = (R_1 + R_2) \frac{U_z + U_{EB}}{R_2}$$

$$\boxed{U_{AC(2)} = (U_z + U_{EB}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}$$

Напон U_K који одговара вриједностим узимајући напон
Кога подаје транзистор прелази из обласи
закренка у активну област, ограђен је уређај:

$$U_{AC_1}(U_K) = U_{AC(2)}$$

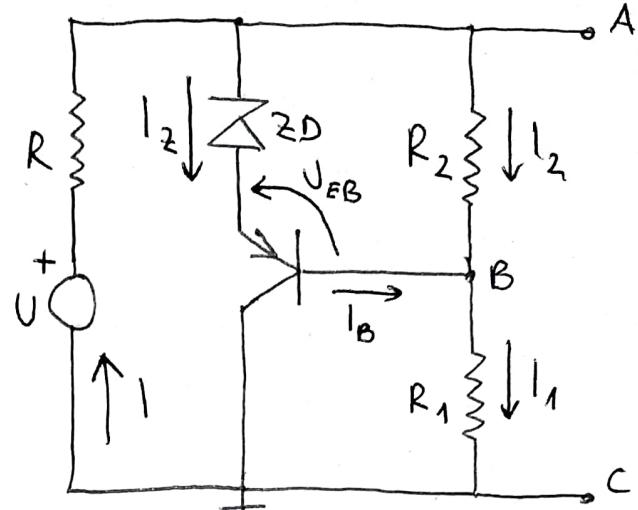
$$\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R} U_K = (U_z + U_{EB}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

$$\boxed{U_K = (U_z + U_{EB}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \frac{R_1 + R_2 + R}{R_1 + R_2} = (U_z + U_{EB}) \left(1 + \frac{R_1 + R}{R_2} \right)}$$

Општији израз за U_{AC} је:

$$\boxed{U_{AC} = \begin{cases} \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R} U & , U \leq U_K \\ (U_z + U_{EB}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) & , U > U_K \end{cases}}$$

δ) За симулариски транзистор је $U_{EB} = 0,6 \text{ V}$,
тада је $U_K = 13,02 \text{ V}$.



$$U_{AC} (20V) = 12,4V$$

$$b) I = \frac{U - U_{AC}}{R} = 7,6 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} = 0,62 \text{ mA}$$

$$I_2 = I - I_1$$

$$I_2 (20V) = 6,98 \text{ mA}$$