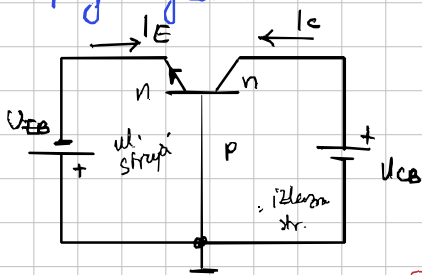


# Spojvi bip-T

Spoj	Ulazna prikljaci.	ul. struja	ul. nap	Izlazna prikl.	iz. struja	iz. napon
Zajednicka baza	E	$I_E$	$U_{EB}$	C	$I_C$	$U_{CB}$
Zajednicki emiter	B	$I_B$	$U_{BE}$	C	$I_C$	$U_{CE}$
Zajednicki kolektor	B	$I_B$	$U_{BC}$	E	$I_E$	$U_{EC}$

## Spoj zajednicke baze



$$I_C = -\alpha I_E + I_{CBO}$$

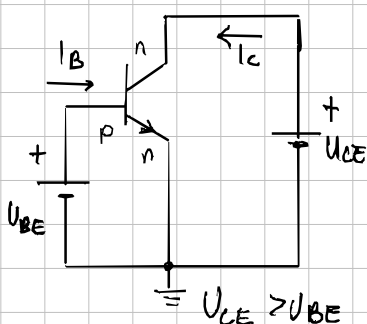
$U_E$  zamenomareju  $I_{CBO}$

$$A = \frac{I_C}{-I_E}$$

E B propusno CP zaporno } to se postiže priključkom -  $U_{EB}$  na ulaznim  
da bi radilo +  $U_{CB}$  na izlazu  
mogućno pojačavaju

$$\alpha < 1 \Rightarrow I_C < I_E$$

## Spoj zajednickog emitera



\* pol. pn-spojiva i odnosi struja emitera  $I_E$ , baze  $I_B$  i kolektora  $I_C$  ostaju kao u SZE

↳ poz. napon  $U_{BE}$  u ulaznom krugu

$$I_E \approx I_C$$

$$I_C = -\alpha I_E + I_{CBO} = -\alpha (-I_B - I_C) + I_{CBO}$$

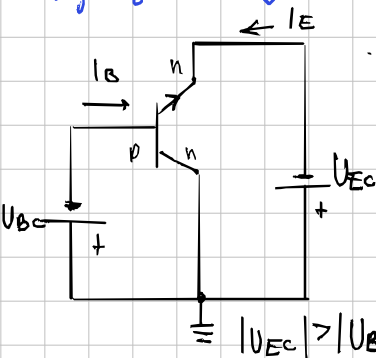
$$I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} = \beta I_B + I_{CEO}$$

statistički faktor strujnog pojačanja u SZE

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

↓  
 $\approx [50, 200]$

## Spoj zajednickog kolektora



• za zapornu pol CB → B mora biti na nižem potenc. od C

↳ priključak neg. nap.  $U_{BC}$

• za propusnu pol. EB → E na nižem potenc. od B

$$I_E = -I_C - I_B = -(\beta + 1) I_B - I_{CEO}$$

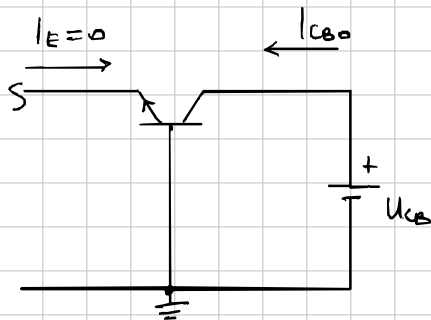
struja zasiceenja  $I_{CEO}$   
\* zamenomareju

$$\Rightarrow \beta + 1 = \frac{-I_E}{I_B}$$

• izlazna struja emitera veća je

$(\beta + 1)$  puta od ulazne struje  $I_B$

## Struja zasiceanja

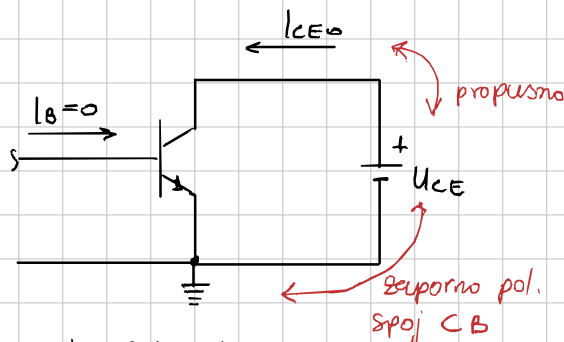


$$I_C = -\alpha I_E + I_{CBO}$$

$$I_{CBO} = I_C \text{ uz } I_E = 0$$

uz odspojenu (E)

Struja zasiceanja zauporno polariziranoj spg'a CB



$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

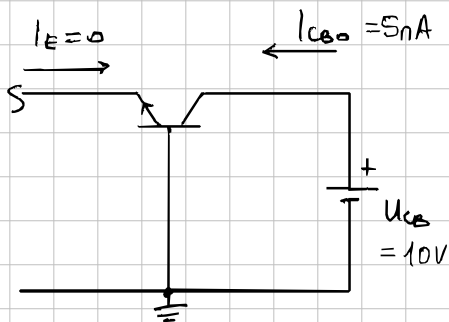
$$I_{CEO} = I_C \text{ uz } I_B = 0$$

uz odspojenu (B)

$$I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} = (1+\beta) I_{CBO}$$

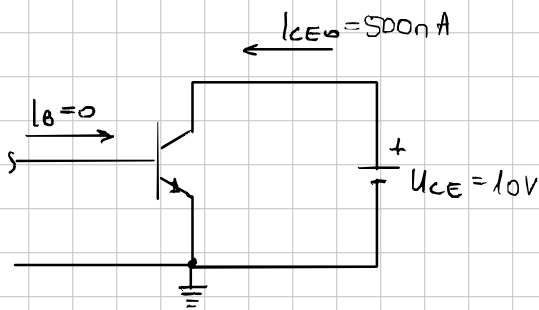
• iako ovdje teku kroz zauporno pol. spoj značajno se razlikuju zbog bitno drugačijih uvjeta na spoju EB

Primer 7.6.) Koliki je faktor strujnog pojačanja u SZE?



$$I_C = -\alpha I_E + I_{CBO}$$

$$\rightarrow I_E = 0 \rightarrow I_C = I_{CBO} = 5nA$$



$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

$$I_B = 0 \rightarrow I_C = I_{CEO} = 500nA$$

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

$$\Rightarrow \beta = \frac{I_{CEO}}{I_{CBO}} - 1 = \frac{500}{5} - 1 = 99$$

# Područje rada

- tranzistor se sastoji od EB i CB spojeva, dva pn spoja
- ovisno o propusnoj ili zapornoj polarizaciji:

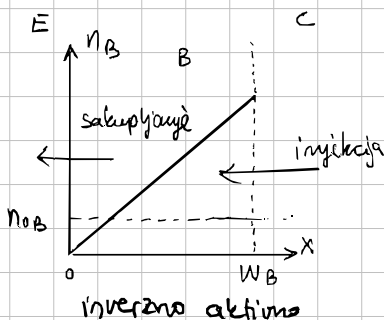
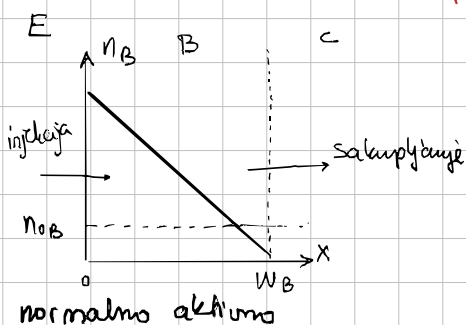
- normalno aktivno područje (active region)
- inverzno aktivno područje (reverse active region)
- područje zasićenja (saturation region)
- područje zaptiranja (cutoff region)

polarizacija		E B	
		prop	zap
CB	prop	zasićenje	inverz. akt.
	zap	norm. akt.	zaptiranje

- Boltzmannove jednačine polarizacije

$$n_{B0} = \underbrace{n_{0B}}_{\text{ravnotežna}} \exp\left(\frac{U_{BE}}{U_T}\right) \quad n_{EW} = n_{0B} \exp\left(\frac{U_{BC}}{U_T}\right)$$

- NPN  $\rightarrow U_{BE}$  i  $U_{BC}$  } poz  $\rightarrow$  Propusna pol
- PNP  $\rightarrow U_{EB}$  i  $U_{CB}$  } neg  $\rightarrow$  Zaporna pol

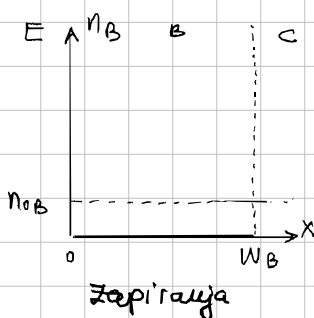
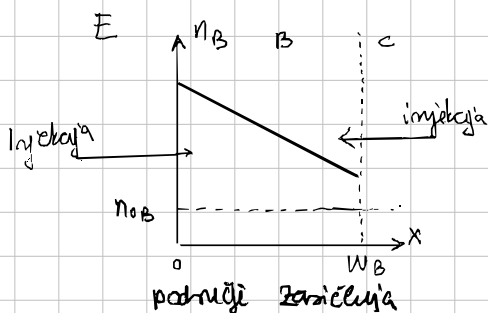


- EB propusna pol
- struja ovisi o  $I_E$ , tj. naponu  $U_{BE}$
- slabo pojačava

(inverzna)

$$\alpha_I = \frac{I_E}{-I_C} \quad \beta_I = \frac{I_E}{I_B} = \frac{\alpha_I}{1 - \alpha_I}$$

- T je simetričan  $\rightarrow \alpha_I$  i  $\beta_I$  su isti cca [1, 10]



- dva pn spoja propusna pol i injekcija  $e^-$  u B

$$I_{nE} = \left( \text{struja } e^- \text{ koji emitiraju u bazu} \right)$$

— (struje  $e^-$  koji do E širu iz C)

- dva spoja zaporna pol.
- tek samo male struje zasićenja

ređe slabo pojačava

- napori mali u dva kruga
- male struje, veliki otpori

- rad T  $\rightarrow$  superpozicija rada u normalnom i inverznom aktivnom

- prelaskom iz područja zaptiranja u područje zasićenja = sklopka (i obrnuto)

$\rightarrow$  pojedno za rad u dij. sklopovima

## Strujno napovne karakteristike

- UZ tri priključka na kojima se mogu mjeriti  $I_E$ ,  $I_B$  i  $I_C$  te tri napona  $U_{BE}$ ,  $U_{BC}$  i  $U_{CE}$

▷ maximale Konvexität.

▷ iZlaze karult

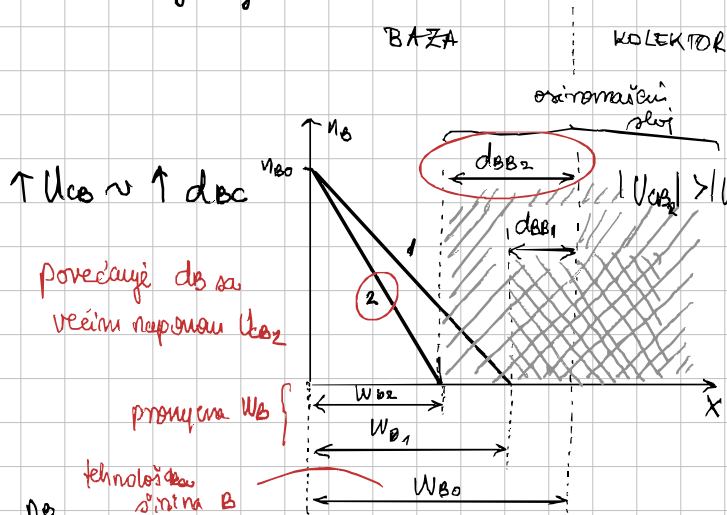
\* Crtaju se za dva spoja:

- SZB (syndric Base)

- SZE (zeijedrichung Emitera)

- Modülasyon ömrüne göre - Earlyer elekt

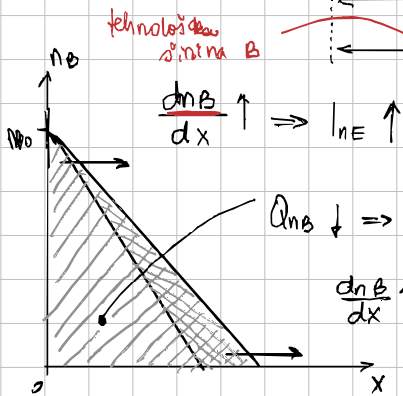
- porastom napona zaporne pol. mreža CB Uce, povećava se širina onimomencijnog sloja i sušava baza



- dolazi do suženja kaze

→ Oritomasi'ai sloy ze širi na oromni kolektor zeir ze ngjalalije deporian

Pojava promjene širine  
brze s naponom  
Zapremu polarnosti spoja CB



\* utjecaj promjene širine kvazi-neutralnog područja kolektora  $\rightarrow$  zanemariv

- nižje boze razloži gradient konc.  $e^-$

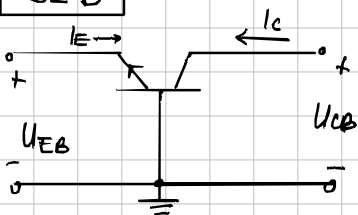
\*  $P \in \Omega$  i naponu na priključenju EB koji se nije promijenio

\*  $C_B$  ne ovise o naponu zaporne polarnizacije  $C_B$

Взаимная base узловой пораст фактора инъекции  $\gamma$  ; транспортный фактор base  $\beta^*$

- povećanje zapornog napona na spoju CB (uz nepromenjenog napona na spoju  $E_B$ ), uzrokuje povećanje iznosa struja emitera i kolektora ( $I_{nE}$  i  $I_{nC}$ ) i smanjenje struje baze ( $I_R$ )

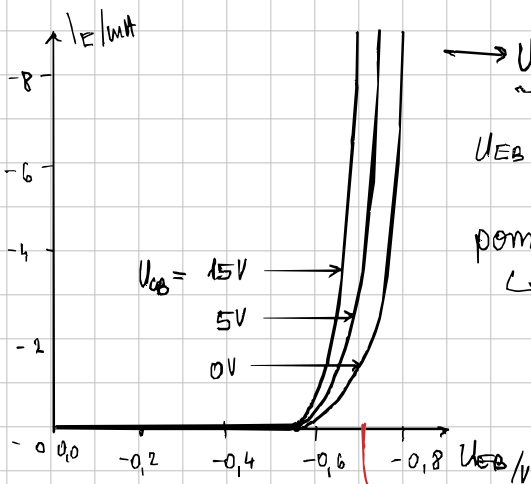
SzB



- gdzie nie przyjmujemy (ul-iżl charakteristyk nie bierzemy)  
 ALI → najprostsza analiza  
 • ul. napięcie jest takie, a iżl. napięcie na drugi prąd

Własne charakterystyki:  $I_E = f(U_{EB})_{U_{CB}}$

Własne charakterystyki:  $I_C = f(U_{CB})_{I_E}$



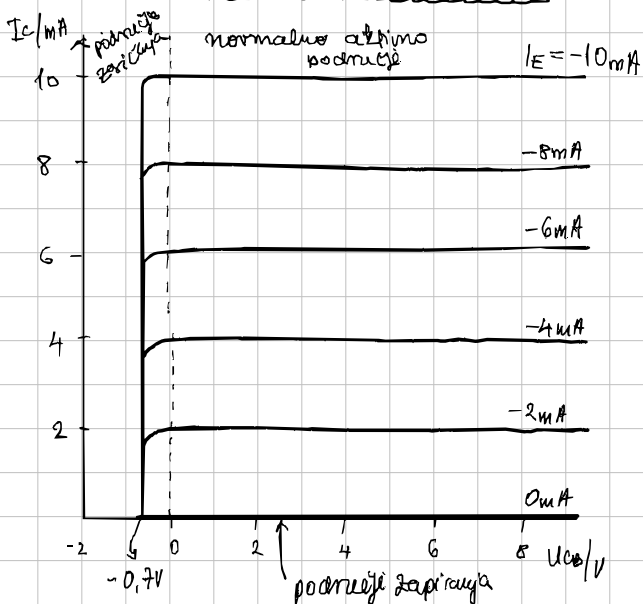
Własne charakterystyki:  $I_E = f(U_{EB})_{U_{CB}}$

$U_{EB} < 0 \rightarrow$  emiter ma niższe potencjały od B → przepływ prądu

przesunięcie charakterystyk z napięciem  $U_{CB}$   
 ↳ Early'ego efekt

-0.7V to napięcie o Si

Własne charakterystyki:  $I_C = f(U_{CB})_{I_E}$



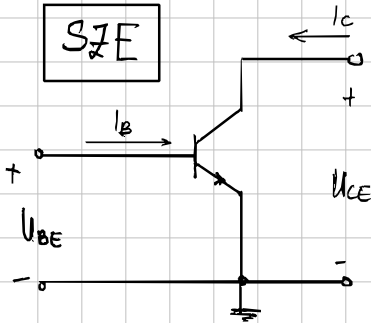
normalnym aktywnym podmiocie

$$I_C = -\alpha I_E + I_{C0}$$

porównanie - Early'ego efekt

granica normalnego aktywnego podmiotu  
 i podmiotu zaporowego  $U_{CB} = 0$

SZE



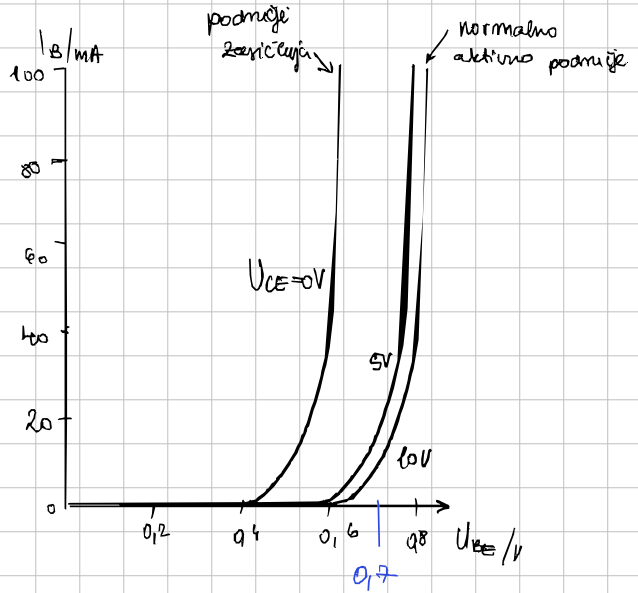
Ulasne:  $I_B = f(U_{BE})_{U_{CE}}$

Izlasne:  $I_E = f(U_{CE})_{I_B}$

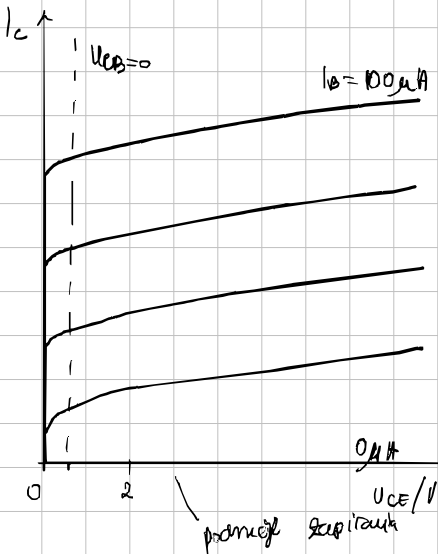
$U_{BE} > 0$  - propusna pol.

• pomak  $\rightarrow$  Earlyjev efekt

Ulasne:



Izlasne:



ako je  $U_{CE} < 0.7$  propusno

ako je  $U_{CE} > 0.7$  zaponno

• granice normalnog akt. podmija i podmija zencijija  $U_{CE} = 0_{CE}$

# Primer 7.7.

$$\alpha = 0,99$$

normalno aktivno područje:

- istaknuta karakter.
- radna točka

$$I_{CBO} = 1 \text{ nA}$$

$$I_B = 100 \mu\text{A}$$

$$U_{CB} = 5 \text{ V}$$

a) SZB

b) SZE

$$I_E + I_B + I_C = 0 \rightarrow \text{bez struje na području rada}$$

$\beta$ -faktor strujnog pojačanja\* (ne mijenjaj sa transportnim faktorom base  $\beta^*$ )

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \underline{\underline{99}}$$

$$\text{Struja zadržavanja } I_{CBO} = \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} = (1+\beta) I_{CBO}$$

$$I_{CBO} = (1+99) \cdot I_{CBO} = 100 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \underline{\underline{I_{CBO} = 100 \text{ nA}}}$$

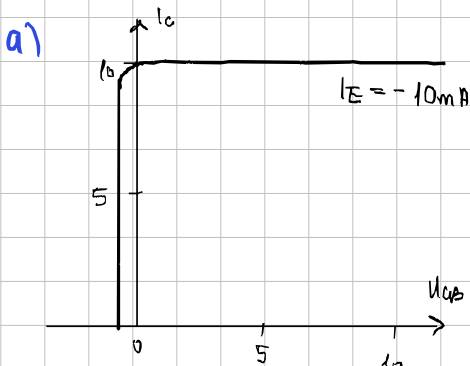
$$I_C = \beta I_B + I_{CBO} = 99 \cdot 100 \cdot 10^{-6} + 100 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \underline{\underline{I_C = 9,9 \text{ mA}}}$$

$$I_E = -I_B - I_C = -100 \cdot 10^{-6} - 9,9 \cdot 10^{-3} \rightarrow \underline{\underline{I_E = -10 \text{ mA}}}$$

▷ uz napon  $U_{CB} = \overset{+}{5} \text{ V}$  napon  $U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$  konstantno!

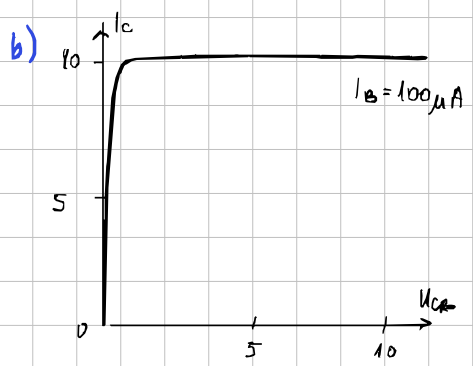
$$U_{CE} = \overset{+}{5} \text{ V} + 0,7 \rightarrow \underline{\underline{U_{CE} = 5,7 \text{ V}}}$$

\* Za pnp tranz je  $U_{CB} \leq 0$



SZB

→ karakter ulazi u 1. kvadrant



SZE

## Faktor strujnog pojačanja

$\beta = f(I_c) \rightarrow$  pad pri malim strujama  $\rightarrow$  rekombinacija u onimamašćenju  
služi oporci  $\approx \beta$



$\rightarrow$  pad pri većim strujama

$\hookrightarrow$  visoka injekcija

rade s temp

$\hookrightarrow$  posljedica: rast struje kolektora ( $I_c$ )

$\rightarrow$  mi uzimamo fiksnu vrijednost

**Prorok** - pri određenom izlaznom naponu u normalnom aktivnom području rada tranzistora dolazi do proroka

$$U_{CE(PR)} = \frac{U_{CB(PR)}}{\sqrt[n]{\beta}} \quad * n = 2 \div 6$$