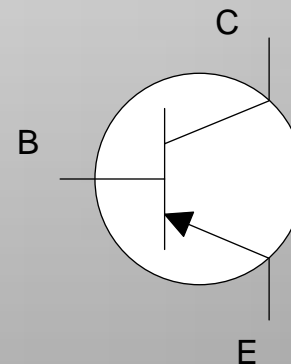
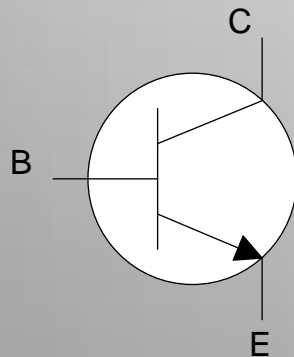


Osnovni sklopovi pojačala sa bipolarnim tranzistorom

Prirodno-matematički fakultet u Nišu
Departman za fiziku

- Bipolarni tranzistor je aktivna elektronska komponenta koja u spoju zajedničkog emitera, u normalnom aktivnom području, raspolaže sa znatnim strujnim pojačanjem.

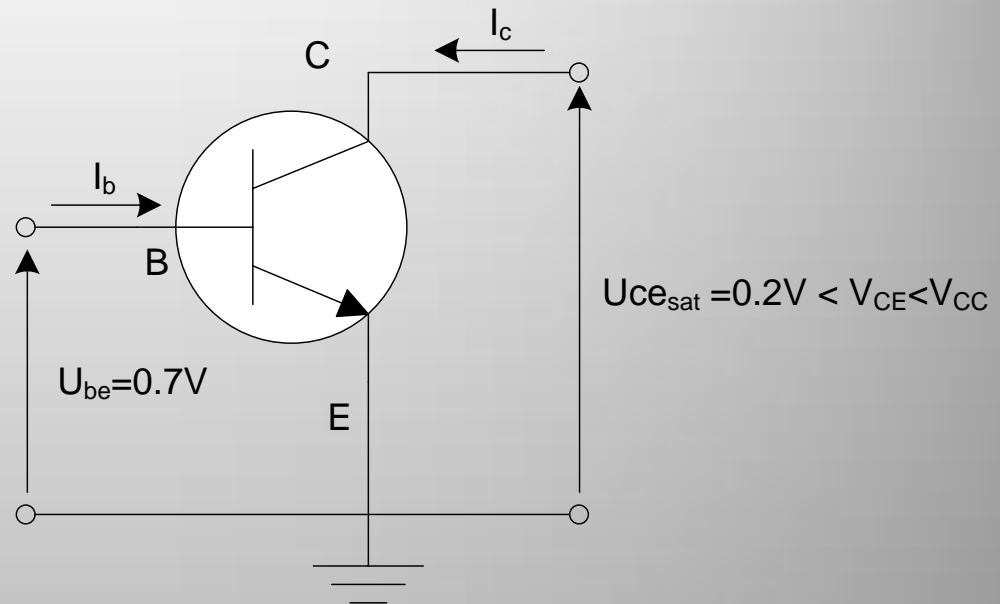
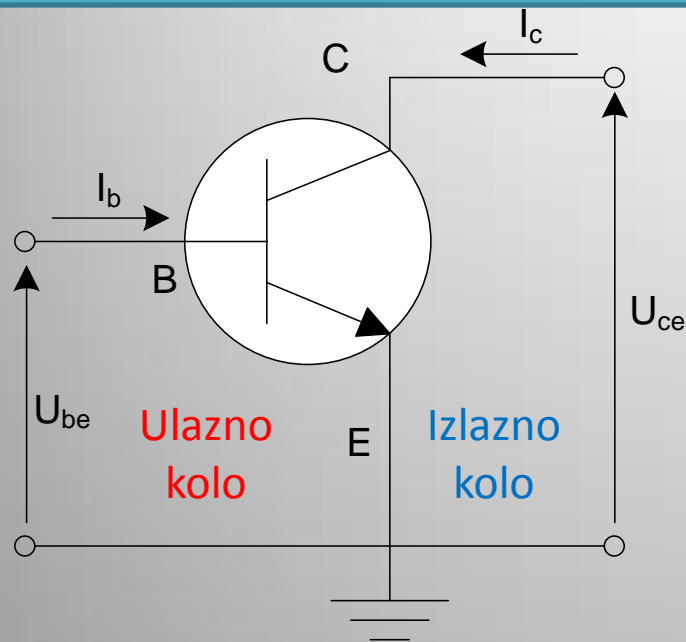


- Faktor strujnog pojačanja h_{fe} je definisan odnosom naizmenične struje kolektora i_c i naizmenične struje baze i_b u zadanoj statičkoj radnoj tački uz konstantan iznos napona U_{ce} između kolektora i emitera.

$$h_{fe} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{U_{ce} = \text{const.}}$$

- Gornja jednačina važi za naizmenični strujni signal pod pretpostavkom da tranzistor radi u režimu **malih signala**.
- Faktor h_{fe} obično je puno veći od jedinice, tipično reda veličine 100.

- Na koji način se pomoću bipolarnog tranzistora može realizovati dobro strujno pojačalo?



- Ulazno kolo kod pojačavača sa zajedničkim emitorom jeste kolo baze
- Izlazno kolo je kolektorsko kolo
- Ulazni signal se dovodi na bazu tranzistora
- Pojačani signal se predaje potrošaču smeštenom u kolektorskom kolu

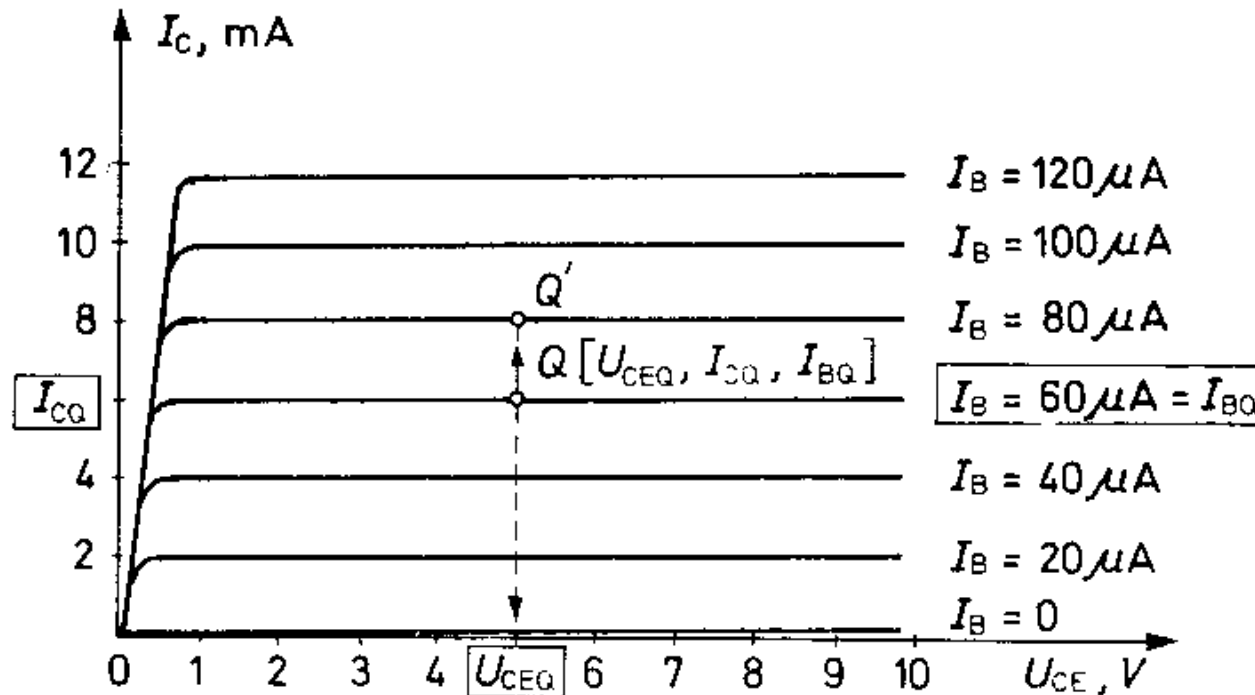
- Važna činjenica je da izraz za pojačanje struje

$$h_{fe} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{U_{ce} = const.}$$

važi za određenu statičku radnu tačku u normalnom aktivnom području što znači da se tranzistor pre dolaska (korisnog) signala u kolo baze mora dovesti u statičku radnu tačku.

- Čime je definisana radna tačka tranzistora?

- Radna tačka Q odabrana je u srednjem delu karakteristika, u normalnom aktivnom području.
- Njene koordinate su napon između kolektora i emitera $U_{CEQ}=5V$, struja kolektora $I_{CQ}=6mA$ i struja baze $I_{BQ}=60\mu A$.



- Faktor strujnog pojačanja u odabranoj statičkoj radnoj tački, ako se naizmenične veličine i_c i i_b zamene malim prirastima jednosmernih veličina I_c i I_b u statičkoj radnoj tački, tada je:

$$h_{fe} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{U_{CE} = const.} \approx \left. \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \right|_{U_{CEQ}}$$

$$\Delta I_b = 20 \mu A$$

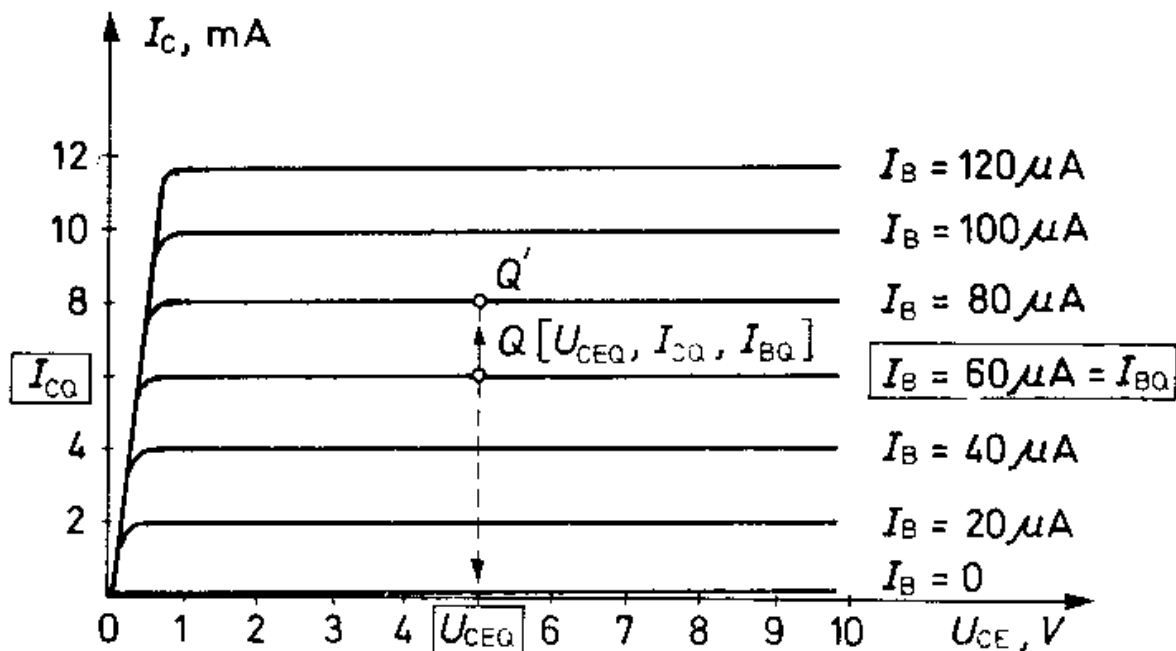
$$Q \rightarrow Q'$$

$$I_c = 8 mA$$

$$\Delta I_c = 2 mA$$

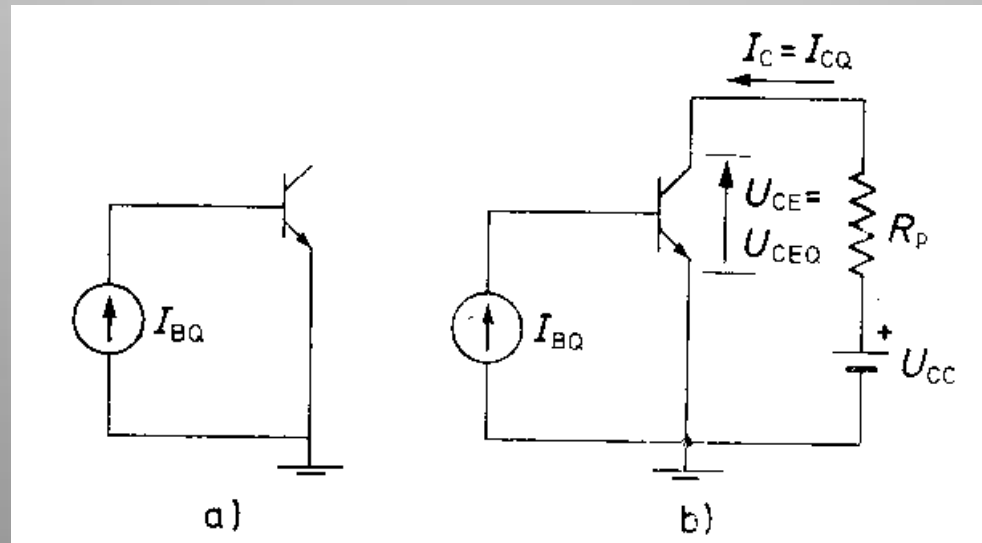
$$h_{fe} = 100$$

$$i_c = h_{fe} i_b$$

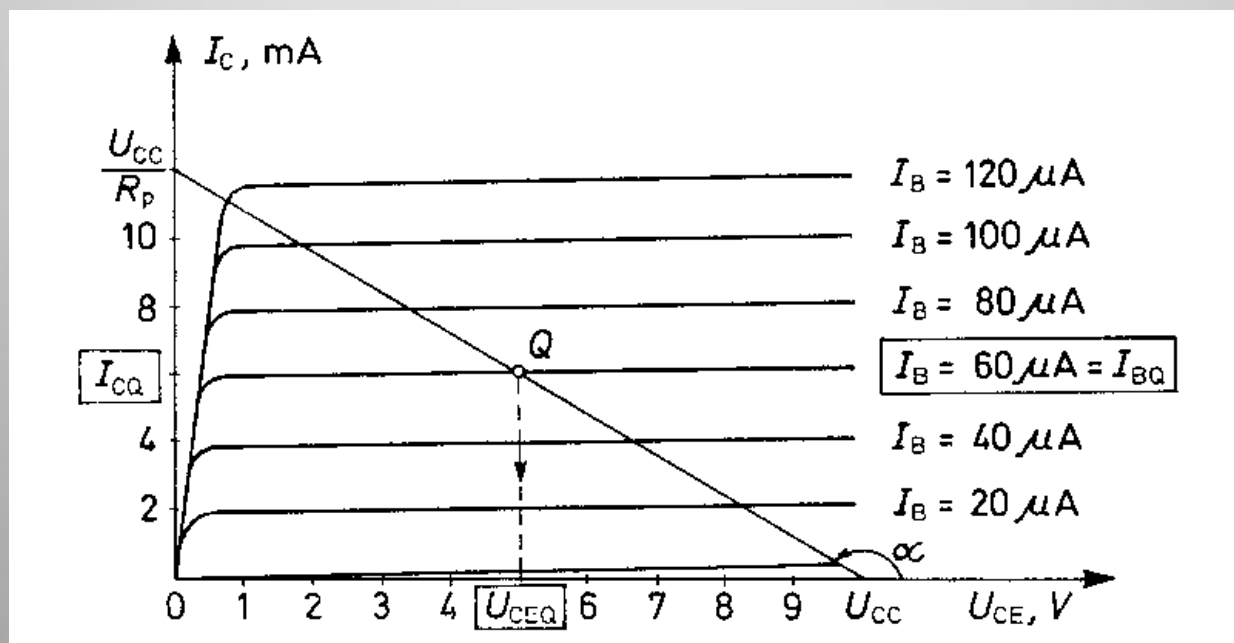


Uz uslov da potrošač svojim otporom ne utiče bitno na ukupni otpor izlaznog kola tranzistora

- Da bi se tranzistor doveli u odgovarajuću statičku radnu tačku u kojoj postoji željeni iznos faktora strujnog pojačanja, potrebno je osigurati napon U_{CEQ} i struju I_{CQ} i I_{BQ} .
- Da bi se osigurala potrebna struja I_{BQ} u krlo baze se spaja strujni generator (slika pod a)
- Napon U_{CEQ} i struja I_{CQ} se dobijaju iz kolektorske baterije tj. izvora elektromotorne sile U_{CC} (slika pod b).

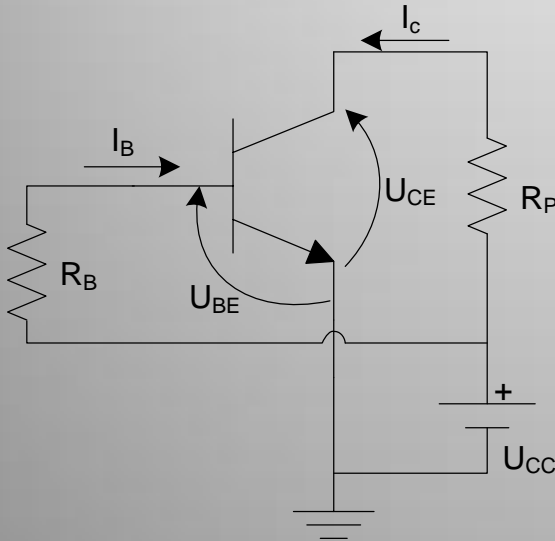


$$U_{CC} = U_{CE} + I_c R_P \quad \text{tg } \alpha = -1/R_P$$



- Kroz statičku radnu tačku moguće je povući bezbroj različitih radnih pravaca
- Svakom od njih odgovara drugi iznos U_{CC} i R_P .
- Za primer na slici: $U_{CC} = 10V$ a $U_{CC}/R_P = 12mA$ što znači da je $R_P = 833\Omega$.

- Na koji način se može realizovati strujni generator koji osigurava jednosmernu struju baze I_{BQ} ?
- Ima više rešenja ...



- Uz uslov da $R_B \gg$ od R_{uIT} za jednosmernu struju onda će kolektorska baterija zajedno sa otpornikom R_B u krugu baze tranzistora delovati kao strujni izvor.

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

- Otpor R_B treba odabrati tako da struja baze I_B bude upravo jednaka struji I_{BQ} u izabranoj statičkoj radnoj tački.

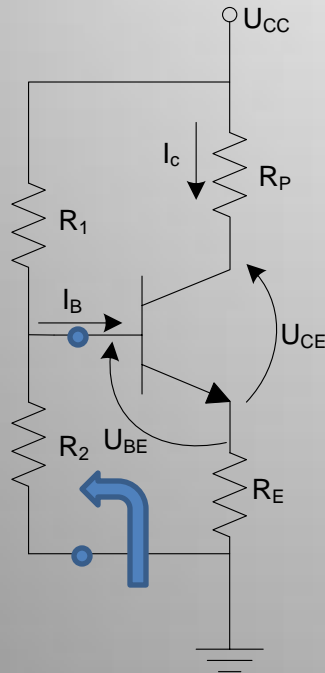
$$R_B = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}}$$

$$R_B = \frac{U_{CC} - 0.7V}{I_{BQ}}$$

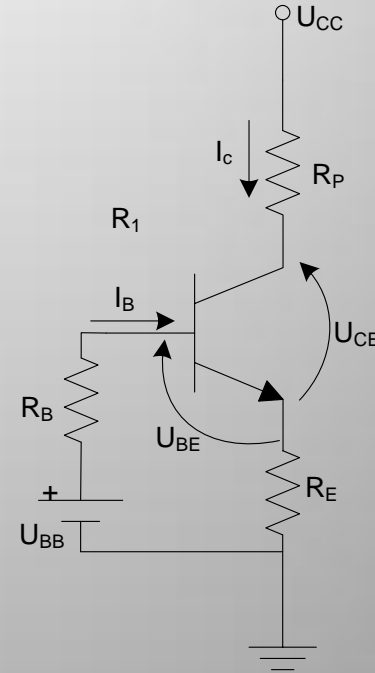
Osnovni sklopovi pojačavača sa bipolarnim tranzistorom

Modeli pojačavača Osnovne teorije četvoropola

- Bipolarni tranzistor kao pojačavač
- Faktor strujnog pojačanja
- Definisanje radne tačke BT u spoju sa ZE
- Određivanje radne prave
- Strujni generator u kolu baze



Primenom Tevenenove teoreme

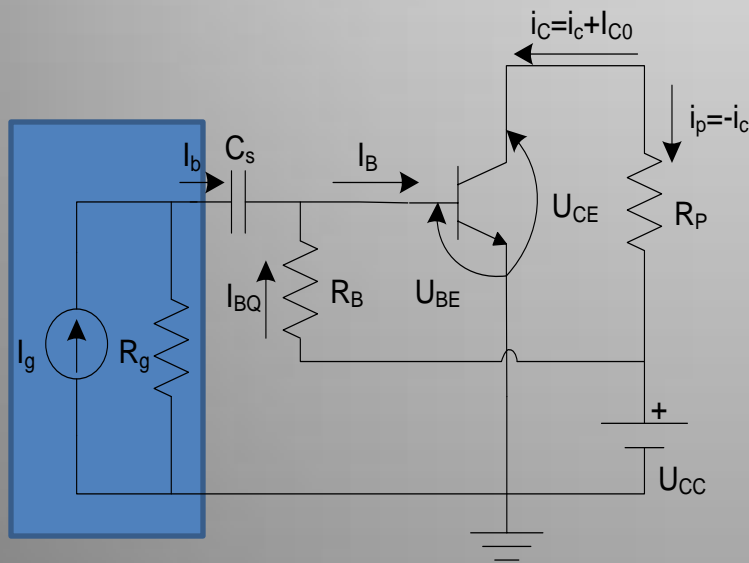


$$U_{BB} = U_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

- Na ulaz je priključen strujni generator struje i_g i unutrašnjeg otpora R_G preko kondenzatora kapaciteta C_s .
- Zadatak kondenzatora C_s je da onemogući jednosmernu vezu pojačavača i generatora.
- Naizmenični ulazni signal male snage neće dovesti do pomaka statičke radne tačke i do izobličenja signala pa važi:

$$i_B = i_b + I_{BQ},$$

$$i_C = i_c + I_{CQ}$$



i_b – naizmenična komponenta struje baze

i_c – naizmenična komponenta struje kolektora

i važi da je $R_B \gg$ od R_{ulT}

$$I_p = -I_c, \quad u_{BE} = u_{be} + U_{BEQ},$$

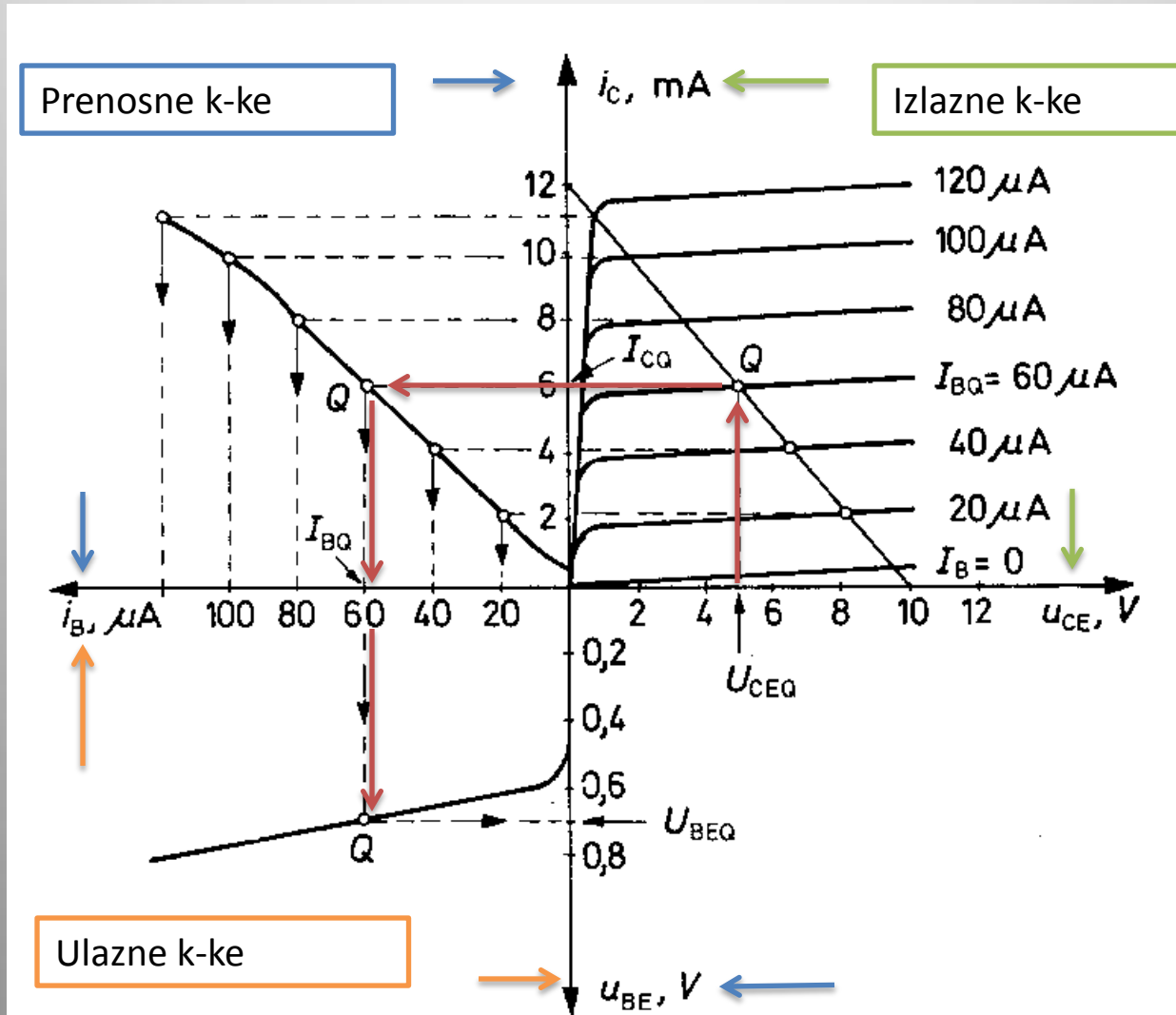
$$i_p = -i_c, \quad u_{CE} = u_{ce} + U_{CEQ}$$

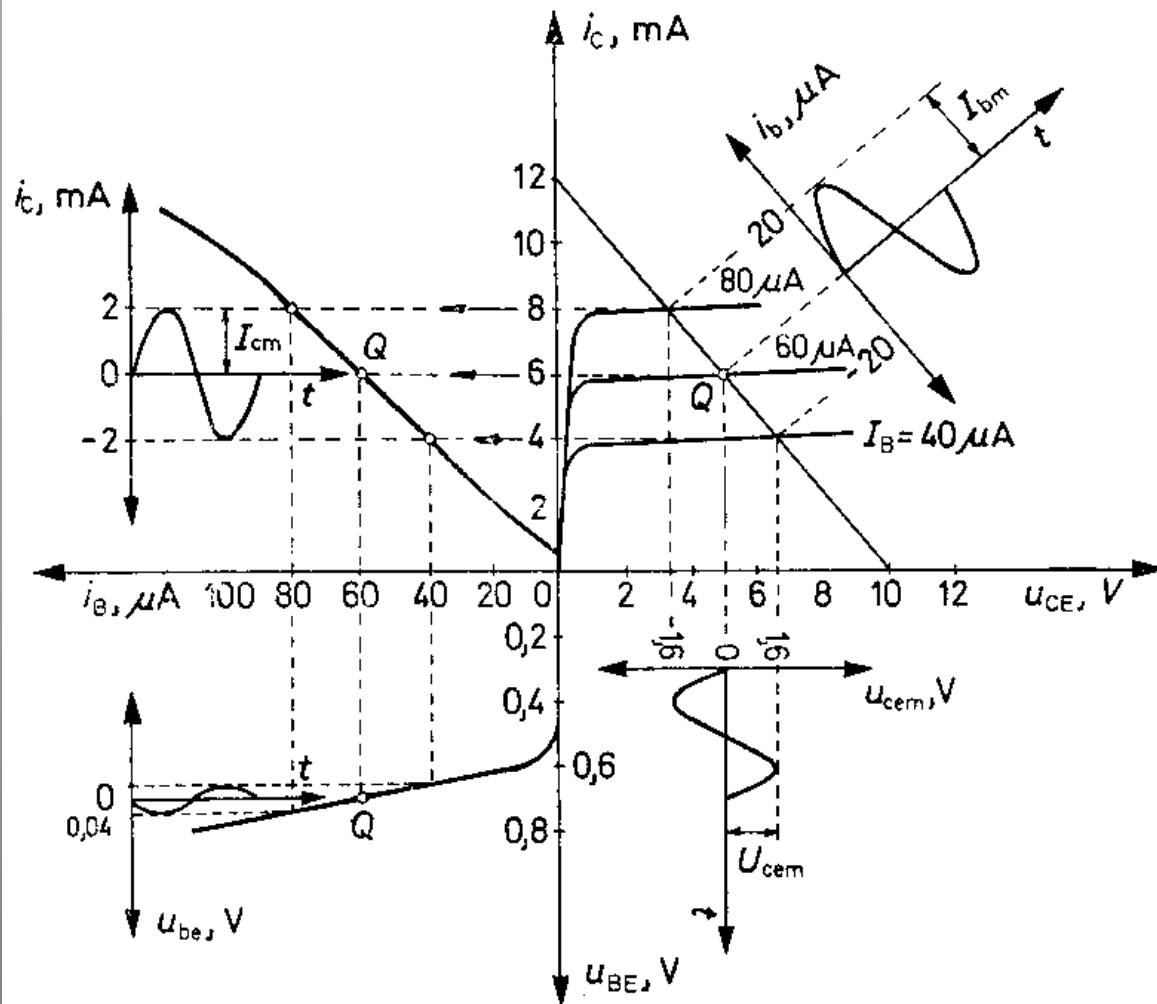
u_{be} – naizmenična komponenta napona između baze i emitora

u_{ce} – naizmenična komponenta napona između kolektora i emitora

Uvod
Modeli pojačavača
Osnovne teorije četvoropola
Osnovni sklopovi pojačavača sa bipolarnim tranzistorom

- Bipolarni tranzistor kao pojačavač
- Faktor strujnog pojačanja
- Definisanje radne tačke BT u spoju sa ZE
- Određivanje radne prave
- Strujni generator u kolu baze



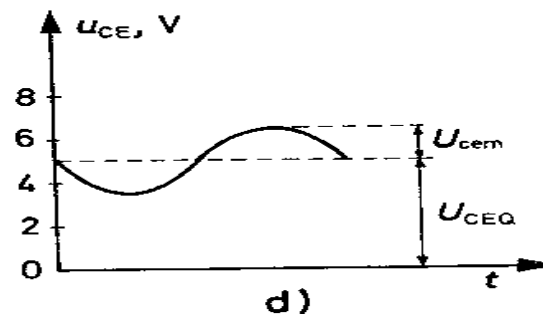
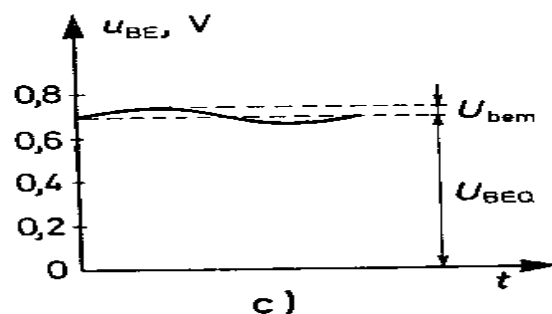
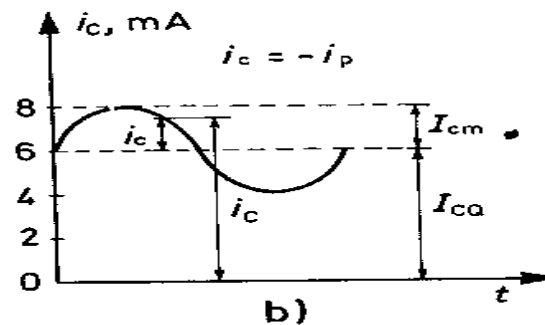
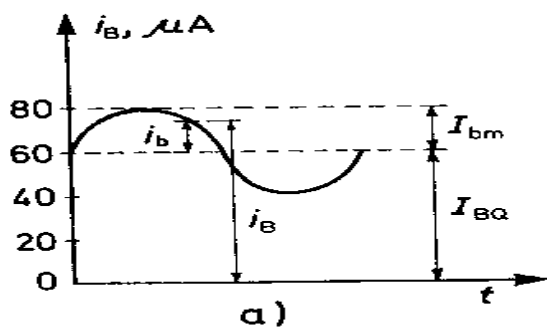


Na ulaz se dovodi:

$$i_b = I_{bm} \sin \omega t$$

Trenutna totalna vrednost struje baze je:

$$i_B = i_b + I_{BQ} = I_{bm} \sin \omega t + I_{BQ}$$



$$i_B = i_b + I_{BQ} = I_{bm} \sin \omega t + I_{BQ} = 20 \sin \omega t + 60 \mu A,$$

$$i_C = i_c + I_{CQ} = I_{cm} \sin \omega t + I_{CQ} = 2 \sin \omega t + 6 \text{ mA},$$

$$u_{BE} = u_{be} + U_{BEQ} = U_{bem} \sin \omega t + U_{BEQ} = 0.04 \sin \omega t + 0.7 \text{ V},$$

$$u_{CE} = u_{ce} + U_{CEQ} = -U_{cem} \sin \omega t + U_{CEQ} = -1.6 \sin \omega t + 5 \text{ V}$$

Možemo zaključiti sledeće:

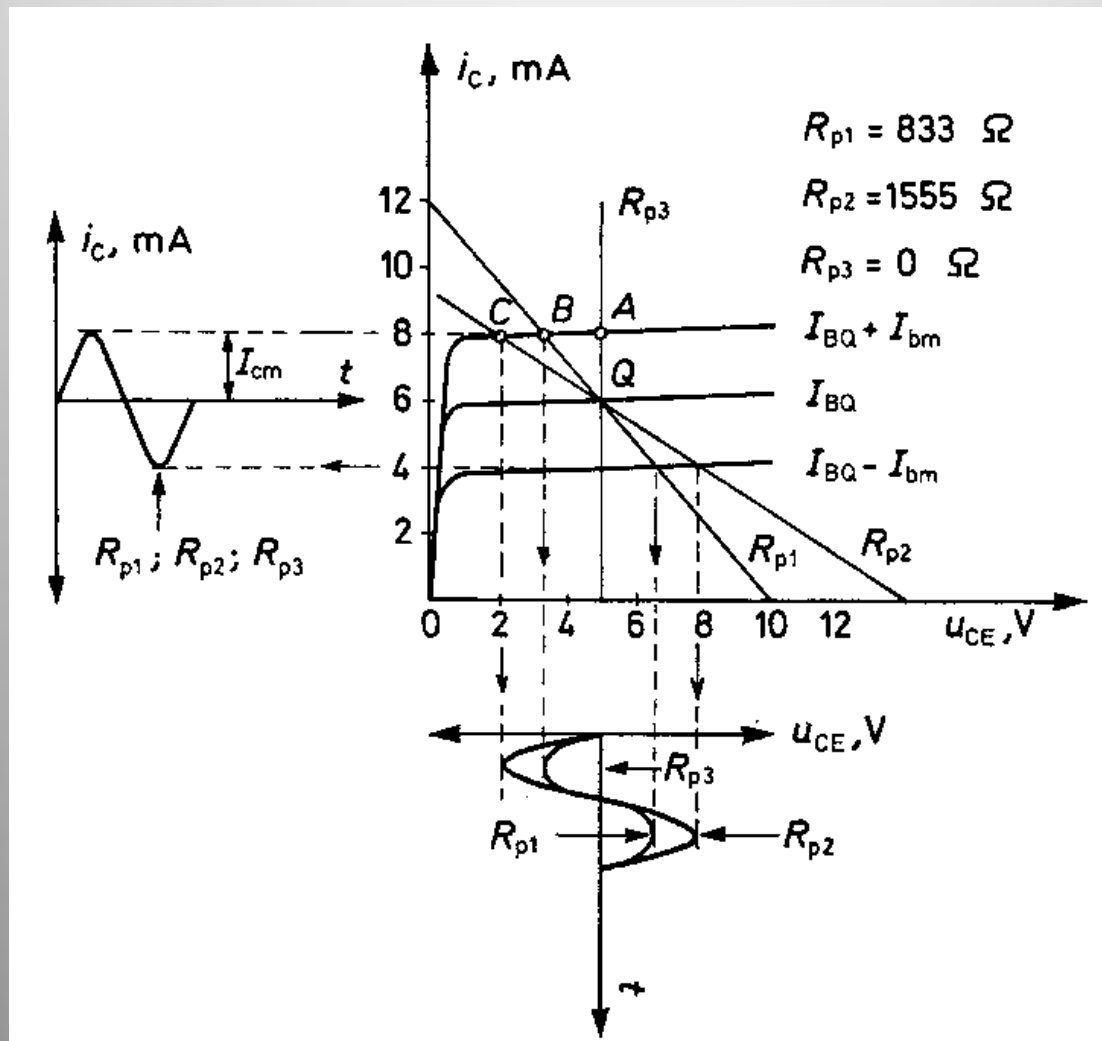
$$A_i = \frac{i_p}{i_b} = -\frac{i_c}{i_b} = -\frac{I_{cm}}{I_{bm}} = -\frac{2 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-4}} = -100$$

$$A_v = \frac{u_{ce}}{u_{be}} = -\frac{U_{cem}}{U_{bem}} = -\frac{1.6}{0.04} = -40$$

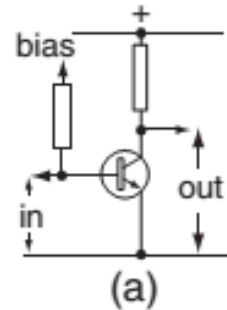
$$G = A_I A_V = (-100)(-40) = -4000$$

- Pojačavač BT ZE ima:
 - veliko strujno pojačanje,
 - solidno naponsko i
 - veliko pojačanje snage

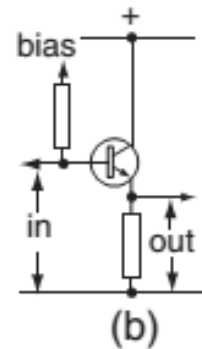
- Zašto kažemo da je on prvenstveno pojačavač struje?



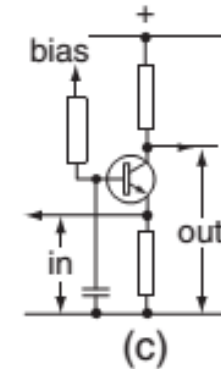
Common emitter



Common collector



Common base



Voltage gain
Current gain
Input resistance
Output resistance

High (~ 100)
High (50--800)
Medium (~ 5K)
High (~ 40K)

Unity (1)
High (50--800)
High (several K)
Low (a few ohms)

Medium (10--50)
Unity (1)
Low (~ 50R)
High (~ 1M)