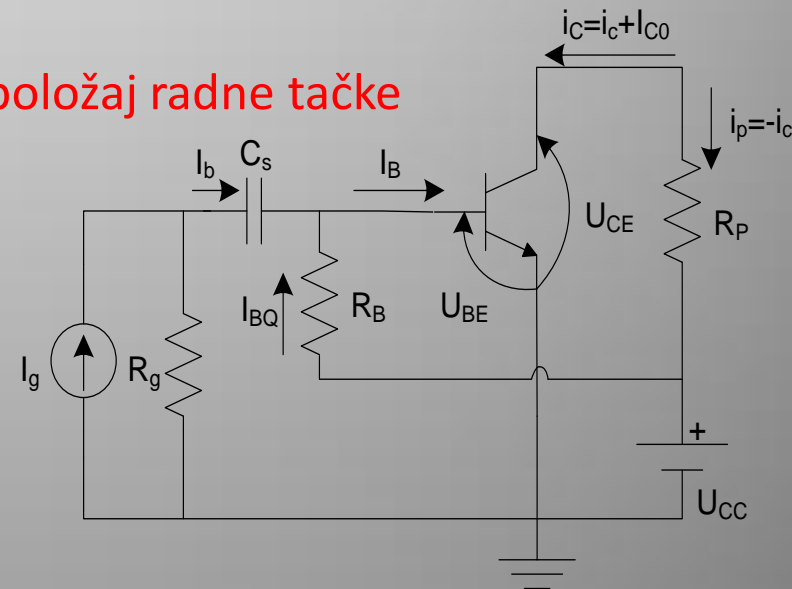
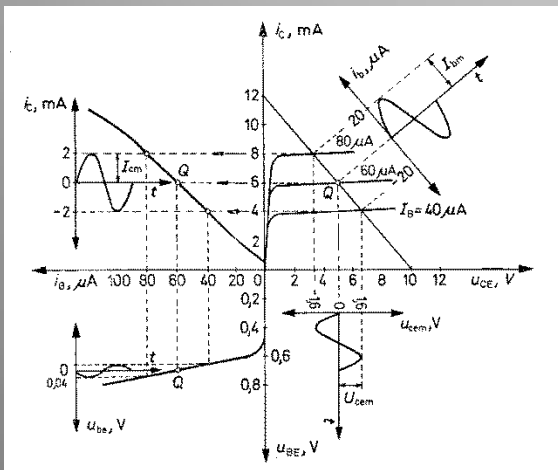


# Dinamička svojstva pojačivača u spoju sa zajedničkim emiterom

Prirodno-matematički fakultet u Nišu  
Departman za fiziku

- Dinamička svojstva u području relativno niskih frekvencija
  - naponsko pojačanje
  - strujno pojačanje
  - ulazna otpornost
  - Izlazna otpornost
- Zavise od veličina hibridnih parametara koji opet zavise od:
  - položaja radne tačke u polju ulaznih i izlaznih karakteristika tranzistora
  - od temperature.

• **Stabilne dinamičke karakteristike  $\leftrightarrow$  stabilan položaj radne tačke**



- Kako osigurati stabilan položaj radne tačke?
- Odgovor na to pitanje daje sledeća jednačina:

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

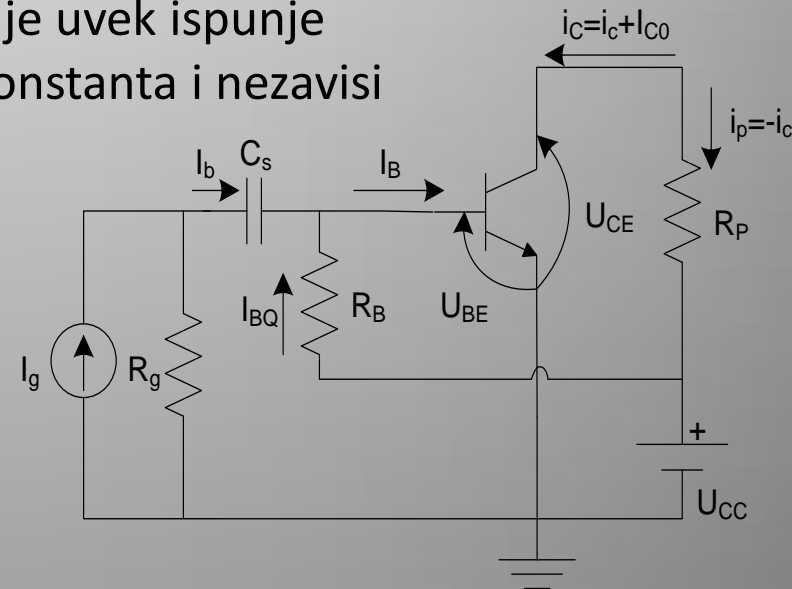
- Ako se u njoj uvrsti  $U_{BE} = U_{BEQ}$  i  $I_B = I_{BQ}$  dobija se:

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

- Ako se radi o Si tranzistoru kod njega je u normalnom, aktivnom području tipičan iznos napona  $U_{BEQ} = 0,7V$  i da je uvek ispunje uslov da je  $U_{CC} \gg U_{BEQ}$  struja  $I_{BQ}$  je praktično konstanta i nezavisni od osobina tranzistora.

- Pri radu tranzistora u normalnom aktivnom području, u spoju ZE, struju kolektora i struju baze povezuje sledeća jednačina:

$$I_C = \beta I_B + I_{CE0}$$



$$I_C = \beta I_B + I_{CE0}$$

- $\beta = h_{fe} \approx h_{\beta}$  – faktor strujnog pojačanja tranzistora u spoju ZE
- $I_{CE0}$  – inverzna struja zasićenja kolektorskog spoja za  $I_B = 0$

A struja kolektora u statičkoj radnoj tački  $I_{CQ}$  povezana je sa naponom  $U_{CC}$  relacijom:

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} + I_{CE0} = \beta \frac{U_{CC}}{R_B} - \beta \frac{U_{BEQ}}{R_B} + I_{CE0}$$

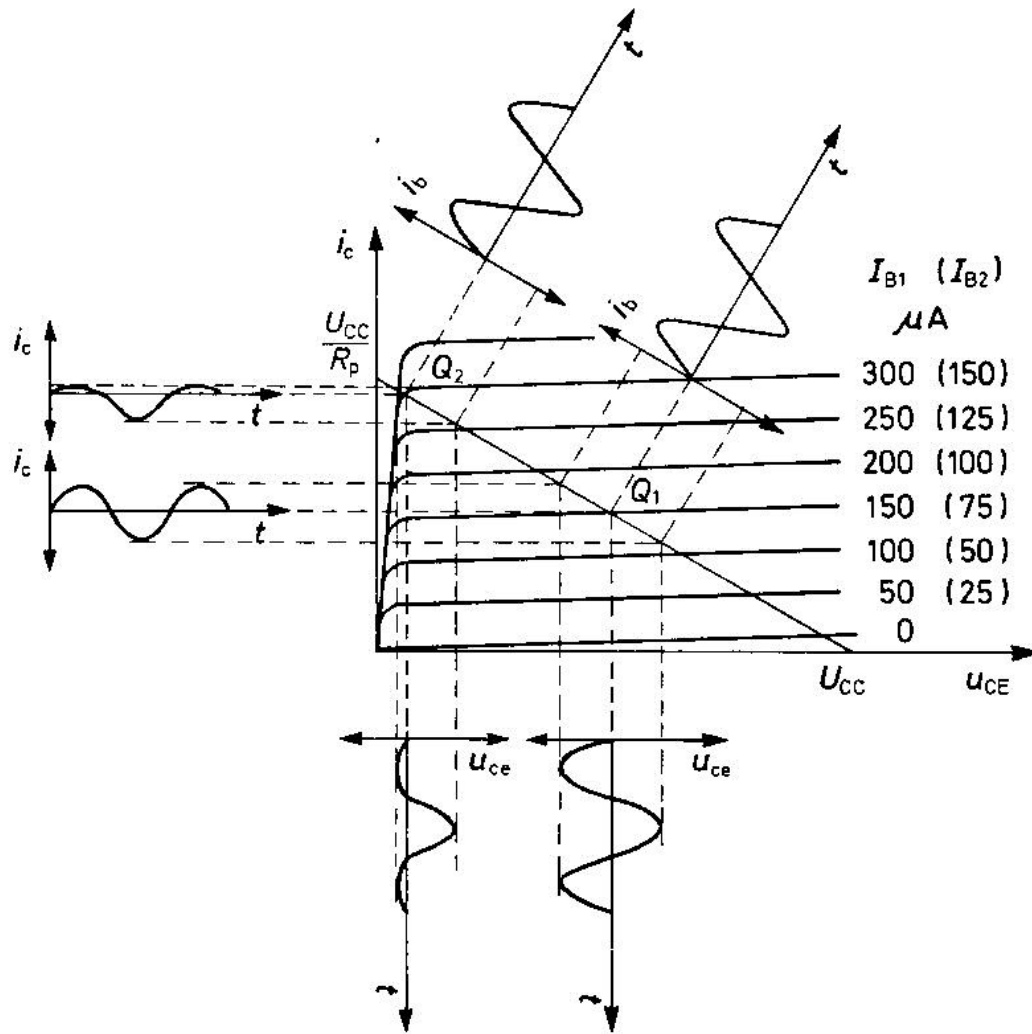
Sledi da struja kolektora u statičkoj radnoj tački zavisi od tri parametara tranzistora:

$$\beta, U_{BEQ} \text{ i } I_{CE0}$$

- i da promena svakog od njih može izazvati pomeranje statičke radne tačke duž statičke radne prave,
- što znači i promenu h-parametara a time i promenu naponskog i strujnog pojačanja te ulazne i izlazne otpornosti kola.
- Nekontrolisana promena  $\beta$ ,  $U_{BEQ}$  i  $I_{CE0}$  može izazvati pomeranje statičke radne tačke u blizinu područja zasićenja ili zakočenja gde dolazi do značajnog izobličenja naizmeničnog signala.

Osnovni sklopovi pojačavača sa bipolarnim tranzistorom  
Dinamička svojstva pojačavača u spoju sa ZE  
Stabilnost karakteristika pojačavača

Stabilnost dinamičkih svojstva pojačavača  
Stabilnost radne tačke tranzistora  
Uticaj  $\beta$  na rad pojačavača sa ZE  
Zavisnost  $\beta$  od temperature  
Zavisnost  $U_{BE}$  i  $I_{CEO}$  od temperature

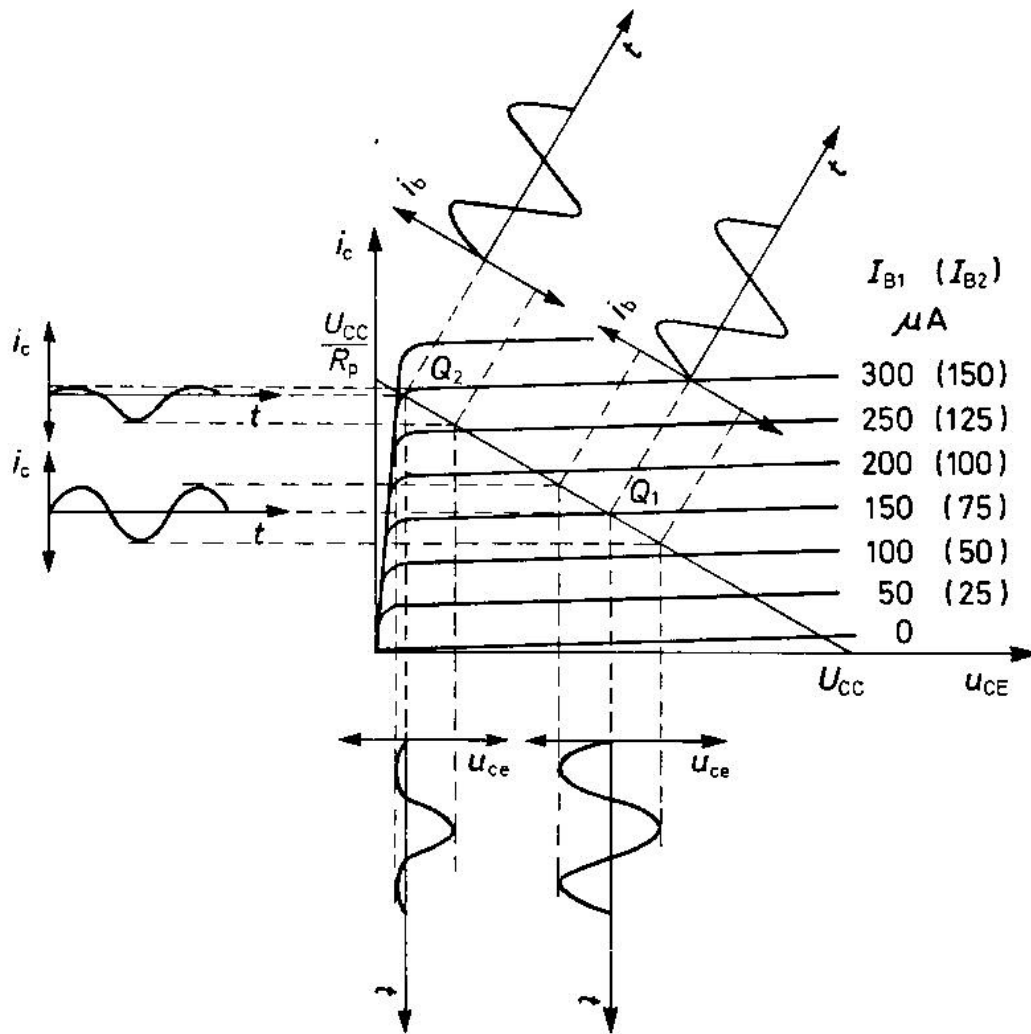


Analiza uticaja promena parametara tranzistora na stabilnost radne tačke tranzistora:

- Parametar  $\beta$  se manja u serijskoj proizvodnji u širokom rasponu (100-300)
- i biće ugrađivani  $\beta$  u iste elektronske uređaje
- Već smo dokazali da struja baze praktično ne zavisi od faktora  $\beta$  što dovodi do toga da
- Svi tranzistori u velikoj seriji istih pojačavača koji su deo nekog elektronskog uređaja rade sa istom strujom baze ali će se struja kolektora znatno razlikovati zbog velike razlike u  $\beta$

Osnovni sklopovi pojačavača sa bipolarnim tranzistorom  
Dinamička svojstva pojačavača u spoju sa ZE  
Stabilnost karakteristika pojačavača

Stabilnost dinamičkih svojstva pojačavača  
Stabilnost radne tačke tranzistora  
Uticaj  $\beta$  na rad pojačavača sa ZE  
Zavisnost  $\beta$  od temperature  
Zavisnost  $U_{BE}$  i  $I_{CEO}$  od temperature



- Pomenuti pojačavač sa ZE biće nepouzdan u serijskoj proizvodnji
- Zbog velikog uticaja promene  $\beta$  na položaj statičke radne tačke dolazi promene h-parametara i velike promene naponskog i strujnog pojačanja kao i ulazne i izlazne otpornosti
- U ekstremnim slučajevima dolazi i do velikih izobličenja naizmeničnog signala

- Faktor  $\beta$  je temperaturno zavistan.
- Pri porastu temperature dolazi do smanjenja rekombinacije u bazi tranzistora, čime se produžava vreme života manjinskih nosilaca naelektrisanja i poboljšava se bazni transportni faktor a time se povećava i  $\beta$  tranzistora.
- Ovo dovodi do istih posledica po statičku radnu tačku kao i u predhodnom slučaju



- Porast temperature deluje i na veličinu  $U_{BE}$  po relaciji:

$$I_{CQ} = \beta \frac{U_{CC}}{R_B} - \beta \frac{U_{BEQ}}{R_B} + I_{CE0}$$

- Napon  $U_{BE}$  uz konstantnu struju baze opada pri porastu temperature. Temperaturni koeficijent tog napona je negativan i iznosi:

$$\left. \frac{\Delta U_{BE0}}{\Delta T} \right|_{I_{BQ}} = -1.5 \text{ do } -2.5 \frac{mV}{^\circ C}$$

- Prema relaciji  $I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B}$  porast temperature dovešće i do povećanja struje baze, međutim kako je  $U_{CC}$  dosta veće od  $U_{BE}$  ta temperaturna zavisnost neće doći do izražaja.
- $\beta \uparrow$  a u isto vreme  $U_{BE} \downarrow$

- Porast temperature deluje i na veličinu  $I_{CEO}$  tako da ova veličina eksponencijalno raste sa porastom temperature.
- Ali i pored toga ona minimalno deluje i na položaj i na temperaturnu stabilnost statičke radne tačke jer je njen iznos vrlo mali.

- Iz predhodne analize sledi:
  - Pomenuto kolo je jako zavisno od promene faktora  $\beta$ 
    - u proizvodnom procesu
    - zbog promene temperature
- Da bi taj sklop bio stabilniji i temperaturno manje osetljiv potrebno je izvršiti stabilizaciju položaja statičke radne tačke.
- Obično se primenjuju dve metode, odnosno tehnike stabilizacije položaja statičke radne tačke:
  - Stabilizacija pomoću emitterske regeneracije
  - Kompenzacijska tehnika