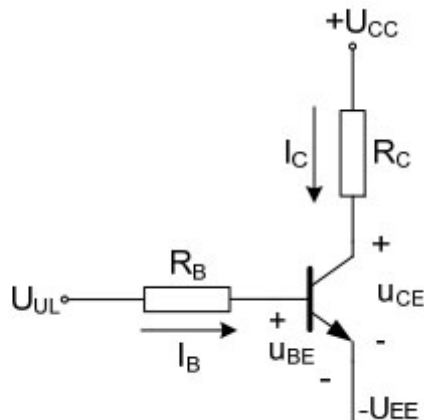


## Sklopovi s bipolarnim tranzistorom (brzinska šablona):

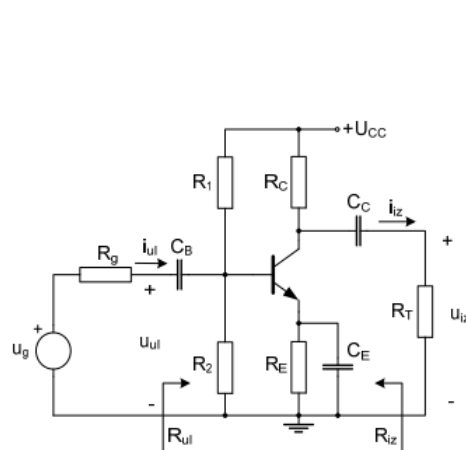
### 1. Prepoznavanje sklopa

1.1. 2 su varijante, 1. je kad je na dnu drugi izvor, a drugi gdje je dolje uzemljenje. Može se prepoznati razlika i po tome što ovaj gdje je uzemljenje, ima  $R_1$  i  $R_2$  s lijeve strane (tj. paralela je po vertikali), dakle:

1. drugi izvor:

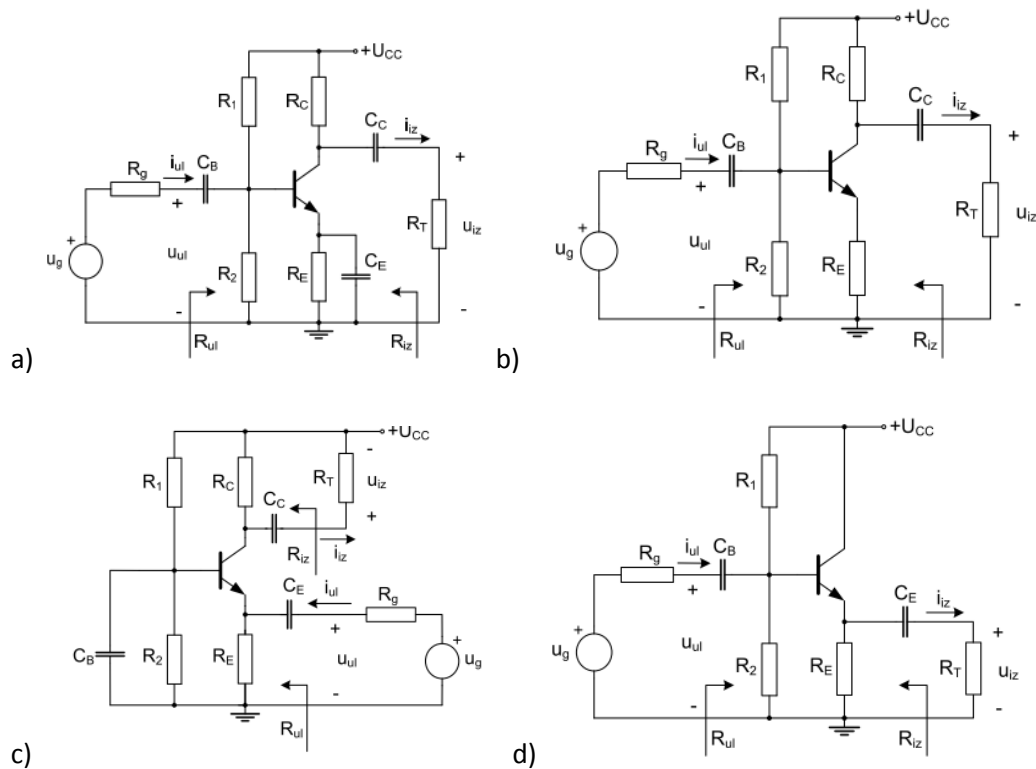


2. uzemljenje



Najčešće su kombinacije sa uzemljenjem.

### 2. korak – prepoznavanje spoja

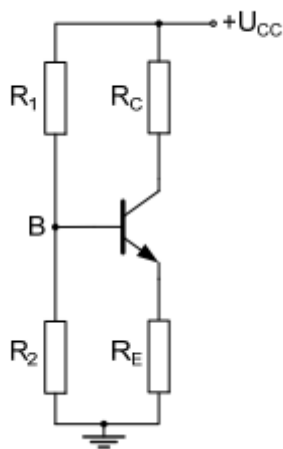


Ovo su 4 tipa spojeva – SZE, SZED, SZB i SZC (spoj zajedničkog emitera, baze, kolektora ili emiter s degeneracijom).

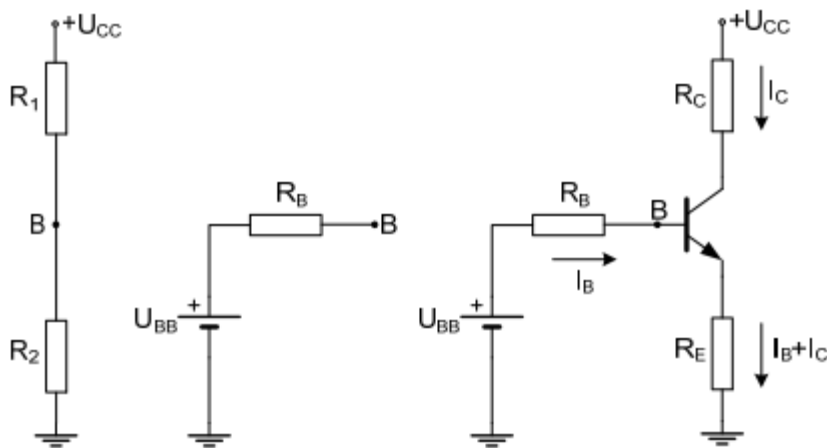
Ono što je „zajedničko“ je ono gdje nije ni ulazni ni izlazni napon, znači vidimo da je uul u slici a) na bazi, a u iz ide iz kolektora, dakle zajednički je emiter. Degeneracija izgleda isto, samo bez kondenzatora CE.

Postoje 2 koraka za rješenja ovog zadatka. Prvi je statička analiza i obično nosi 2-3-4 od 10 bodova, a drugi je dinamička analiza koju studenti obično ostave za kasnije ili im je preteško pa je se odreknu nepotrebno. Krenimo od statičke analize, koja je ista za sve 4 varijante spoja.

Kod statičke analize sve grane koje sadrže kondenzatore se odspajaju i ostaje nam samo ova slika:



1. korak statičke analize je dobiti ekvivalentnu točku rada (ovo ne morate crtati):



Dakle iz ove lijeve grane dobivamo ovaj dio koji pripada bazi. Formule za to su 2:

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

Uz to, gledajući ovu zadnju desnu sliku, postoje 2 „kruga“ tu iz kojih bismo trebali moći izvući sve podatke koji nam trebaju

Prvi smjer ide od  $U_{CC}$  preko  $R_C$ , tranzistora,  $R_E$  do uzemljenja, a drugi ide od  $U_{BB}$  preko  $R_B$ , tranzistora,  $R_E$  na uzemljenje.

Relativno lako je opisati što je sve u krugu, ali ja ću vam ipak dati formule. Mislim da ovo nije nešto što trebate pisati na šalić jer je poprilično vidljivo samo po sebi, ali ako vam ne idu sklopovi, evo:

$$U_{CC} = I_C \cdot R_C + U_{CE} + (I_B + I_C) \cdot R_E \quad (\text{to je izlazni strujni krug odnosno od } U_{CC} \text{ do uzemljenja})$$

$$U_{BB} = I_B \cdot R_B + U_{BE} + (I_B + I_C) \cdot R_E \quad (\text{ulazni krug, od baze do zemlje})$$

Još jedna stvar koja vam pomaže je:

$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ}$  Ove qove možete zaboraviti tj. ovi gore  $I_C$  i  $I_B$  su isti ovi  $I_{CQ}$  i  $I_{BQ}$  u ovoj formuli.  $\beta = h_{fe}$  koji je zadan, a obično iznosi oko 100, tako da je obično  $I_C$  100tinjak puta veći od  $I_B$  i  $I_B$  ne radi neku veliku razliku u rezultatu.

Postoji još jedan mali štos koji vam jako rijetko navedu u zadatku, a to je da je ovaj  $U_{BE}$  jako često tzv. napon praga koji se označava  $U_\gamma$  (U gamma) i iznosi 0,7V. Pazite ako vam je  $U_{gamma}$  naveden i neki drugi ili  $U_{BE}$  naveden i neki drugi, uvrstite to, ali inače  $U_{BE} = U_{gamma} = 0,7V$

Ako imate ovu foru sa drugim izvorom umjesto uzemljenja, radite istu stvar, samo odmah trpate u ove 2 formule izlaznog i ulaznog strujnog kruga.

Nakon što ste izvukli sve što vam treba iz ovih 4-5 formula, a to su u principu struje  $I_C$  (tj  $I_{CQ}$ ),  $I_B$  (tj.  $I_{BQ}$ ), ostaje dovršiti statičku analizu dobivanjem parametara:

$$r_{be} = \frac{U_T}{I_{BQ}} \quad (U_T \text{ je temp. ekvivalent napona, iz šalabahtera – temp/11600})$$

$$g_m = \frac{h_{fe}}{r_{be}} \quad (h_{fe} = \beta)$$

te ako je baš nužno, navedeno u zadatku (mora biti zadan  $U_A$ ):

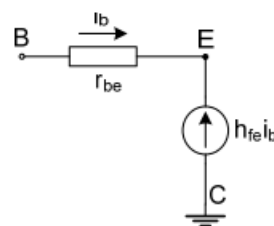
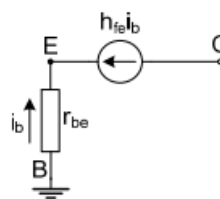
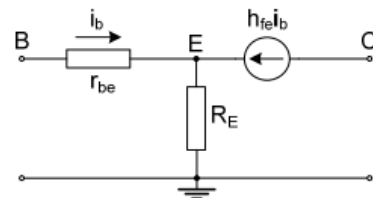
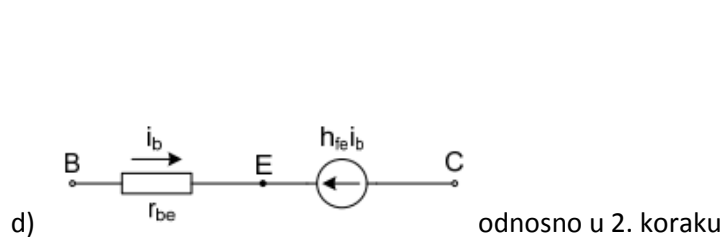
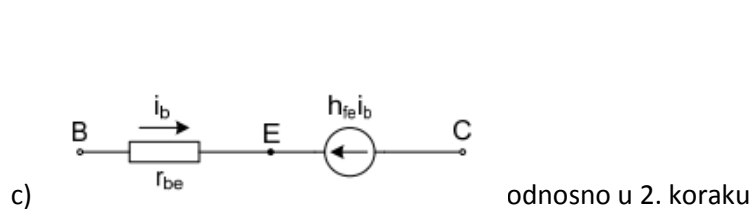
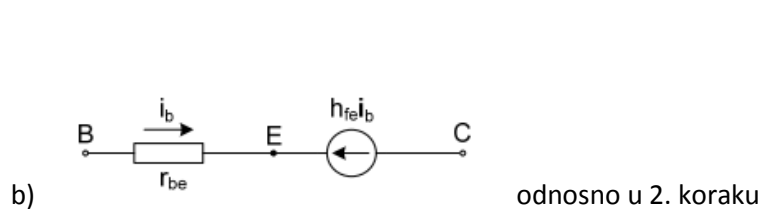
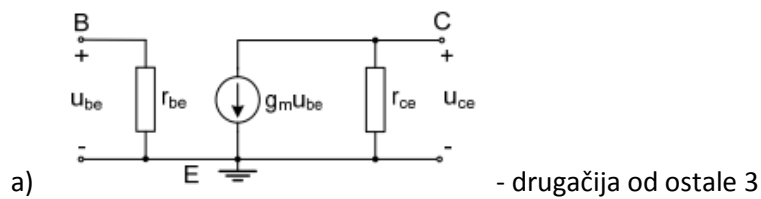
$$r_{ce} = \frac{U_{CEQ} + U_A}{I_{CQ}} \quad - \text{ovaj otpor je jako velik i gotovo uvijek zanemariv osim velim ako baš forsaju, ali neće.}$$

To je to od statičke analize.

Dinamička analiza je nešto malo zajebanija ako nemate apsolutno nikakvog pojma, ali ako ste prošli osnove elektrotehnike sa ikakvim razumijevanjem, ovo su lagani bodovi. Jedna jedina stvar koju trebate pamtiti kod dinamičke analize jest „zamjenska šema“ tj. „nadomjesna shema“, odnosno prvi korak crtanja iste za svaki od sklopova gore. Taj prvi korak u stvari mijenja ovaj tranzistor u sklopu s nečim drugim te nam pomaže da sve skupa postavimo na razinu osnova elektrotehnike.

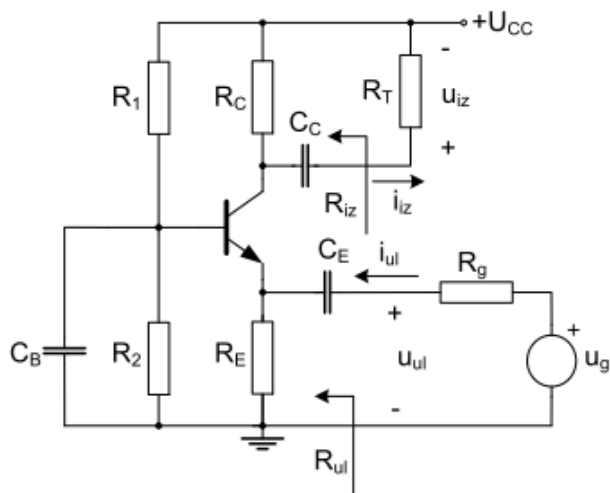
Imali smo a) SZE, b) SZED, c) SZB i d) SZK

Njihove nadomjesne sheme su:

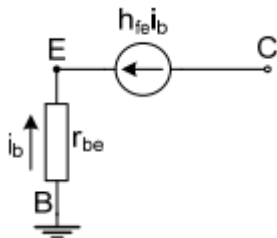


Kao što se vidi, b, c i d su zapravo iste, samo je pitanje na koju stranu se stvari „prelome“ kako bi nam bilo lakše crtati. Relativno je lako zapamtiti jer kod npr. SZB, bazu lomimo na masu, kod SZK isto za kolektor itd.

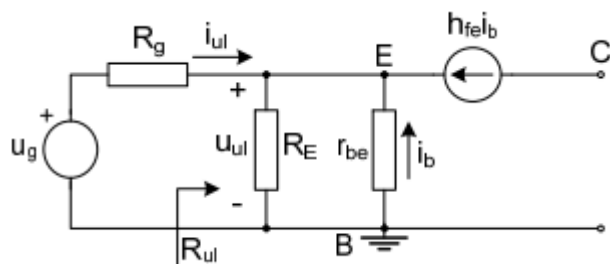
Kad smo napravili prvi korak nadomjesne sheme, dalje bi sve trebalo biti lako. Vraćamo se na početnu shemu koju smo dobili u zadatku, npr. ovu slijedeću, i gledamo što je spojeno na koji dio tranzistora.



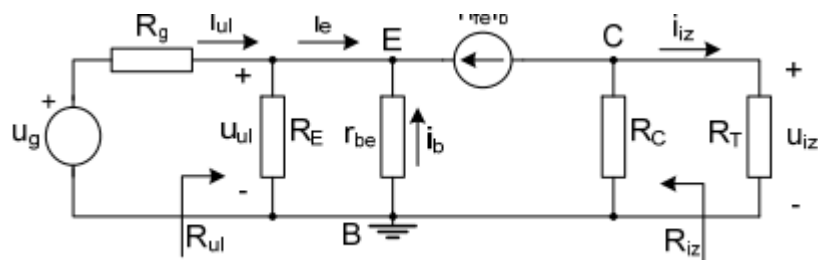
Ovo je spoj zajedničke baze, dakle uzimamo ovu nadomjesnu shemu:



Valja znati da je u dinamičkoj analizi svaki kondenzator kratki spoj i svaki istosmjerni izvor je isto masa. Ako u paraleli imamo kratki spoj i otpornik, sva struja ide preko kratkog spoja, znači da taj otpornik niti nećemo crtati u dinamičkoj analizi. Sad valja gledati što je spojeno na emiter, bazu i kolektor. Ono što je „zajedničko“, u ovom slučaju baza je spojena direktno na masu i s njom nemamo više ništa, tako je i u ostalim slučajevima. Preostaju emiter i kolektor. Krenimo s emiterom koji ima RE spojen direktno na masu te Ug i Rg.

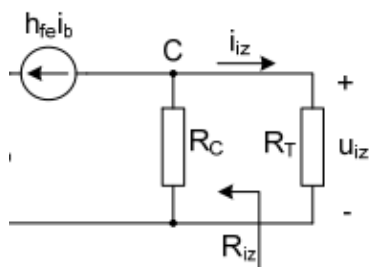


Sad gledamo što nam je spojeno s kolektorom – RC i RT u paraleli koji su dalje spojeni na masu



I to je kraj nadomjesne sheme. Lagano, zar ne? liz, lul itd. svi ostaju isti kakvi su bili kod statičke analize. E sad već imamo dosta bodova, 5-6-7 od 10. Preostalo je napraviti samu analizu koja traži malo zaključivanja, ali opet nije teško. Sad jako ovisi što nas dalje traže, i koliko vam se dalje isplati (stignete) učiti jer ovo se ne da napisati na šalić jako lako, ali evo i tog dijela vodiča. Obično nas traže sva pojačanja i ulazni ili izlazni otpor. Tu treba znati par definicija i iščitati neke stvari iz ove sheme.

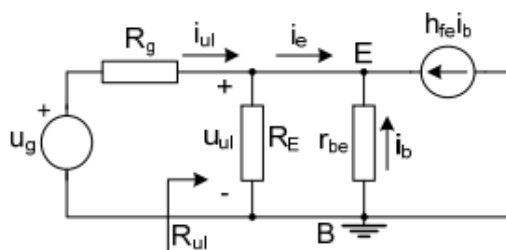
Krenimo od  $A_v$  (naponsko pojačanje) koje je po definiciji  $u_{iz}/u_{ul}$ . Napone ne znamo, ali struje smo računali u statičkoj analizi, pa ćemo napone prikazati preko onog što imamo. Svaki napon je struja puta otpor, samo je pitanje koja struja i otpor. Izlazni napon nam je najlakše prikazati preko ovog „zavisnog izvora“  $h_{fe} \cdot i_b$  koji je usmjeren prema lijevo. To znači da nam je struja u ovom desnom dijelu kruga negativna:



A ukupni otpor je  $R_C \parallel R_T$ , dakle

$$u_{iz} = -h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C \parallel R_T$$

Za  $u_{ul}$  gledamo drugu polovicu slike:



U ovom konkretnom slučaju je lako prikazati  $u_{ul}$  zbog toga što se napon na paraleli ne dijeli, pa je

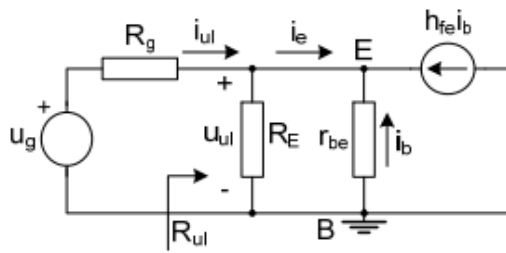
$$u_{ul} = -i_b \cdot r_{be}$$

Dakle

$$A_v = \frac{u_{iz}}{u_{ul}} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C \parallel R_T}{-i_b \cdot r_{be}} = \text{ - pokradi se što se kratiti da i to je to za naponsko pojačanje.}$$

Za ulazni i izlazni otpor postoje 2 varijante, jedna je za bod više i zahtjeva puno računanja, a druga ćete izgubiti bod, ali jako brzo dobijete rezultat i možete računati dalje s tim otpornicima. Ja ću pokazati ovu brzu, a ovo sa izvođenjem imate u zadacima za vježbu, a to radite samo ako svo ostalo gradivo znate savršeno.

Ulazni otpor, opet uzimamo samo lijevu polovicu slike do strujnog izvora.



i sad  $R_{ul}$  su svi otpornici desno od ove strelice gdje pise  $R_{ul}$ , a to su  $R_E || r_{be}$ , s tim da ovaj  $r_{be}$  treba podijeliti sa  $1+h_{fe}$ , dakle

$$R_E \parallel \left( \frac{r_{be}}{1+h_{fe}} \right)$$

Izlazni otpor je sve lijevo od strelice  $R_{iz}$ , a to je samo  $R_c$ , znači  $R_{iz}=R_c$ .

Sad polako bi trebalo da možete poloviti kako se dobivaju i strujno pojačanje te  $A_{vg}$  pa to probajte prokužiti iz zadatka za vježbu. Ista je shema, samo trebate naći kako najbolje prikazati stvari da možete pokratiti nešto (preko struje, napona ili nekog pojačanja koje ste već dobili kao što se radi za npr  $A_{vg}$ ).