

Pitanja za usmeni iz Elektronike 2

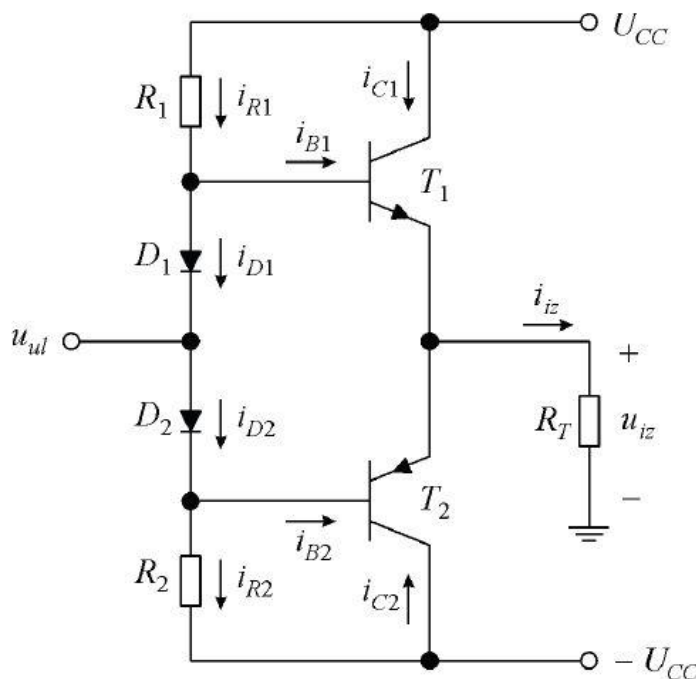
ak. god. 2007/2008

1. Utjecaj kondenzatora C_E u spoju zajednickog emitera na naponsko pojačanje.

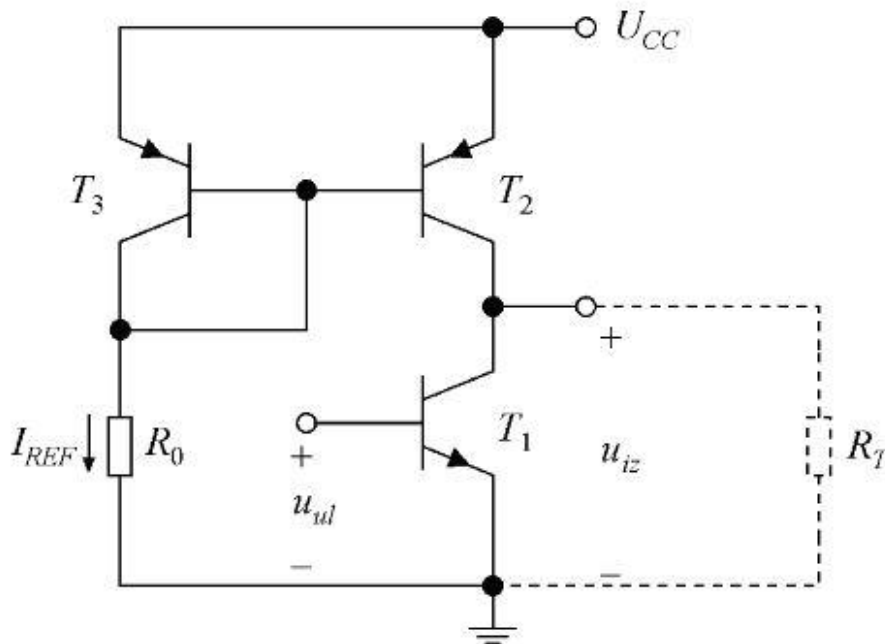
Na visim frekvencijama kratko spaja emiter sa masom, te time eliminira emittersku degeneraciju. Na nizim frekvencijama otpor preko kondenzatora C_E je pak veci od otpornika R_E , pa postoji emitterska degeneracija. Pojacanje bez emitterske degeneracije je vece nego pojacanje sa degeneracijom, zato ga treba ukljuciti u nadomjesnu shemu za niskofrekvencijsku analizu.

2. Pojačalo snage klase AB, max izlazni napon i općenito o samom pojačalu.

Protutaktno pojacalo snage. Kombinacija klase A i B, te su tako rjesena preskocna izobilicenja klase B i niska korisnost klase A. Od B klase se razlikuje po 2 diode koje ponistavaju preskocna izoblicenja, tj tranzistor pocne voditi odmah, a ne na 0.7V, zbog toga klasa AB i kada nema signala trosi snagu. Od A klase se razlikuje po tome jer tranzistori vode tek malo preko polovise periode signala. Jos jedna mana pojacala je smanjeni hod izlaznog signala. Maximalni izlazni napon je $(U_{CC}-U_{BE})(1+\beta)R_T/(R_1+(1+\beta)R_T)$, te je $P_{RT,max}=U_{izm}^2/2R_T$.



3. Spoj ZE u integriranoj izvedbi.

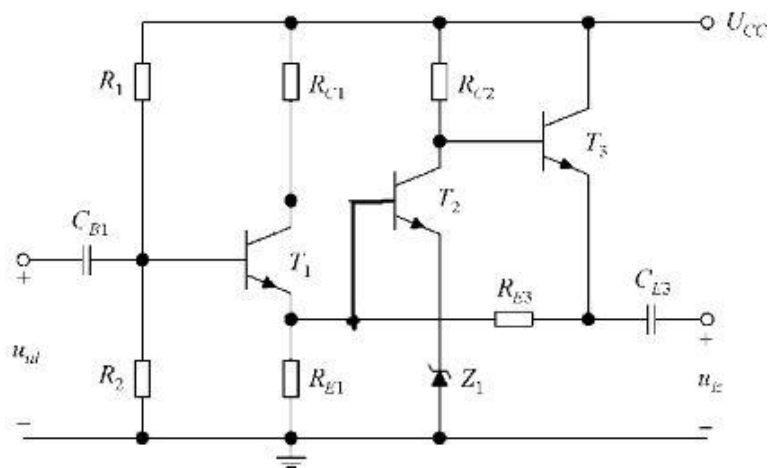


T_1 je aktivni *nnp* element, koji radi u spoju zajednickog emitera. Dvostruka uloga *pnp* T_2 se ocituje kao aktivno trosilo pojacala, te time sto je sa T_3 i R_0 strujni izvor, kojim se odreduje staticka tocka T_1 . Pojacanje pojacala je $-g_m(r_{ce1} || r_{ce2})$, ali trosilo treba imati veliki otpor, jer u protivnom dolazi do rusenja pojacanja zbog paralele trosila i paralele r_{ce} -ova. Ulazni otpor r_{be1} , se mze povecati smanjenjem statiskih struja tranzistora, ali time se povecava vec ionako veliki izlazni otpor.

4. Nacrtati spoj pojačala koje ima veliki R_{ul} , mali R_{iz} i veliko naponsko pojačanje.

Koristiti kaskadu s maksimalno 3 stupnja.

Moje ('ko je pitanja pisao) napomene: pod veliko naponsko pojačanje, misli se veće od jedan. Dobar odgovor je ZC -> ZE -> ZC.

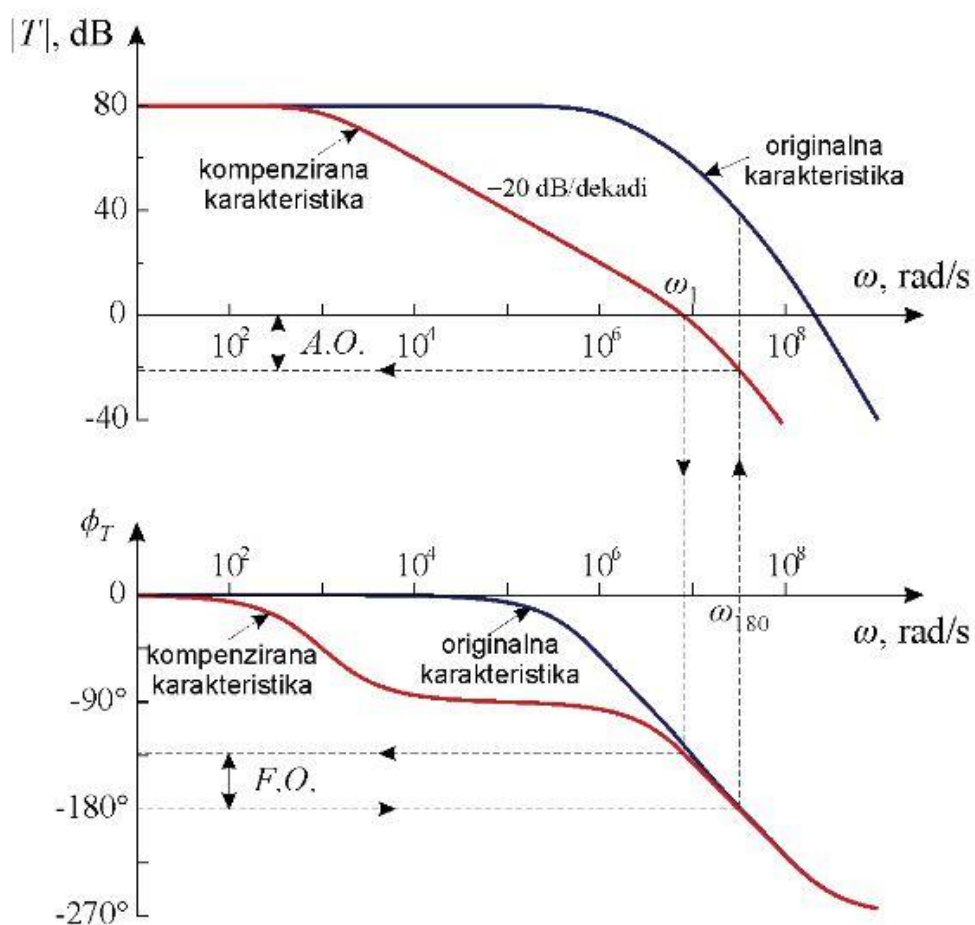


5. Da ti funkciju i trebaš nacrtat Bodeov dijagram te vidjeti ima li dijagram gornje i donje granične frekvencije. Eventualno pita još kolka je max. amplituda.
6. Dobije se shema, preko vremenskih konstanti naći donju graničnu frekvenciju, kako se određuje.
7. Frekvencijsko osiguranje. Što je, kako se najčešće ostvaruje, primjer slike i gdje se koristi?

Fazno osiguranje se definira kao fazni pomak između faze $\phi_T(j\omega_1)$ i faze od -180° , što je F.O. veće, to je pojačalo stabilnije, obično se kod pojačala s povratnom vezom zahtjeva $>45^\circ$. F.O. = $\phi_T(j\omega_1) + \text{faze od } -180^\circ$

8. Dominantni pol. Koristi se u onom IC-u koji smo na zadnjim predavanjima radili.

Frekvencijska korencijacija s dominantnim polom je najjednostavnija i najčešće primjenjivana frekvencijska korencijacija.

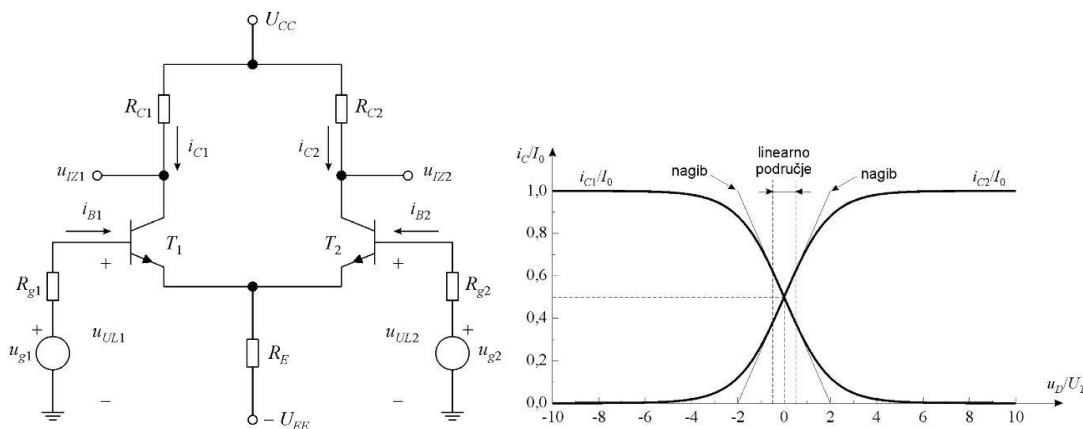


9. Nacrtat diferencijsko pojačalo sa emitterskim otporom i objasniti kvantitativan odnos zajedničkog i diferencijskog naponskog pojačanja (još me pitao koje je pojačanje veće i što bi promjenio na shemi da pojačanje bude još veće).

Diferencijsko pojačalo je istosmjernopojacalo koje pojačava razliku ulaznih signala, a zajednicku komponentu gusi. Pojacalo je tim bolje sto je taj omjer veci. Za rad bi bilo idealno kada bi 2 grane pojacala bile identicne. Obicno postoje 2 izlaza, ali ako se koristi samo jedan onda se to zove asimetricni izlaz. Kod analize za zajednicki signal, nije potrebno nalizirati cijelo pojacalo, vec samo pola, uz dupljanje R_E . $A_{Vz} \approx \frac{-g_{m2}R_{C2}}{1+2g_{m2}R_E}$

Diferencijski signal se prikljucuje po pola vrijednosti na oba ulaza, s tim da je jedan okrenut tj. zakasnjen za pola perioda. U ovom slucaju struje kroz R_E se ponistavaju, tako da na njemu nema pada napona. $A_{Vd} = \frac{-g_{m2}R_{C2}}{2}$ Kvaliteta diferencijskog pojacala se mjeri faktorom potiskivanja $\rho \equiv \frac{|A_{Vd}|}{|A_{Vz}|} = \frac{1}{2} + \frac{I_{CQ2}}{U_T} R_E$, koje treba biti sto vece.

Medutim povecati ga ne mozemo povecanjem R_E jer dolazi do pada I_{CQ2} zbog nepromjenjivog $-U_{EE}$. Jedini nacin da ga povecemo je promjena konfiguracije sklopa.

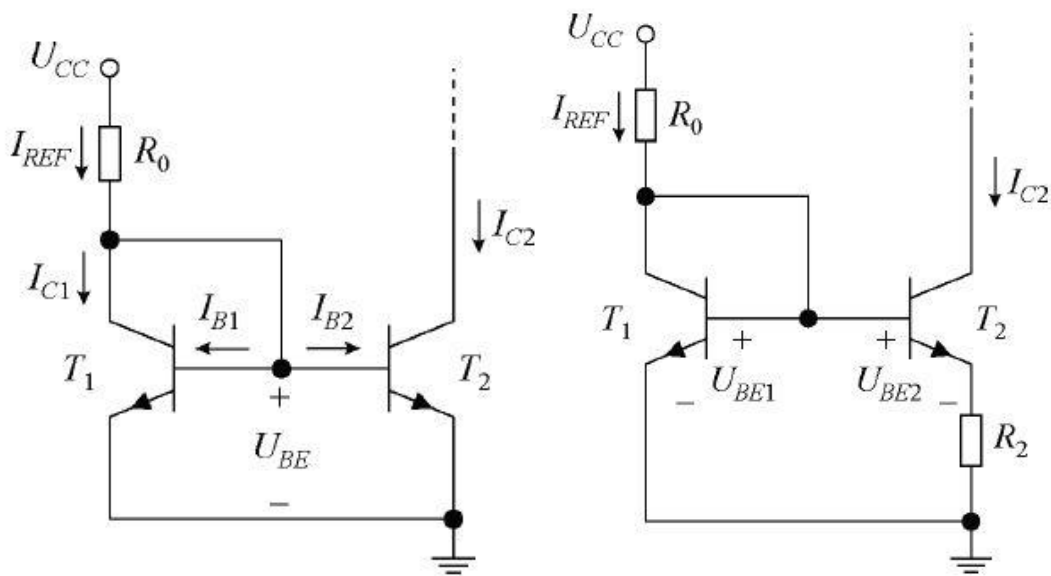


10. Zadan spoj ZU i nacrtat nadomjesnu shemu te navest koji kondenzatori utječu na donju graničnu frekvenciju i koja je donja granična frekvencija (definirat frekvencije pomoću tau itd. i još me pitao zašto najveća frekvencija mora biti bar 4 puta veća od ostalih).

11. Što su strujni izvori i zašto se koriste? Nacrtati bar dva komada te objasniti njihov rad.

U integralnoj tehnici problem je sa napajanjem jer stabilizacija radne točke kod bipolara i uvida kod FETova nije moguće tradicionalnom metodom jer se izbjegava korištenje velikih otpora potrebnih za djelilo. Točka se podesava strujnim izvorima. Widlarov strujni izvor, višestruki strujni izvor, strujni izvor s kompenzacijom baznih struja, Widlarov logaritamski strujni izvor, Widlarov strujni izvor s emittersim otpornicima, strujni izvor s MOS tranzistorima, višestruki strujni izvor s MOS tranzistorima.

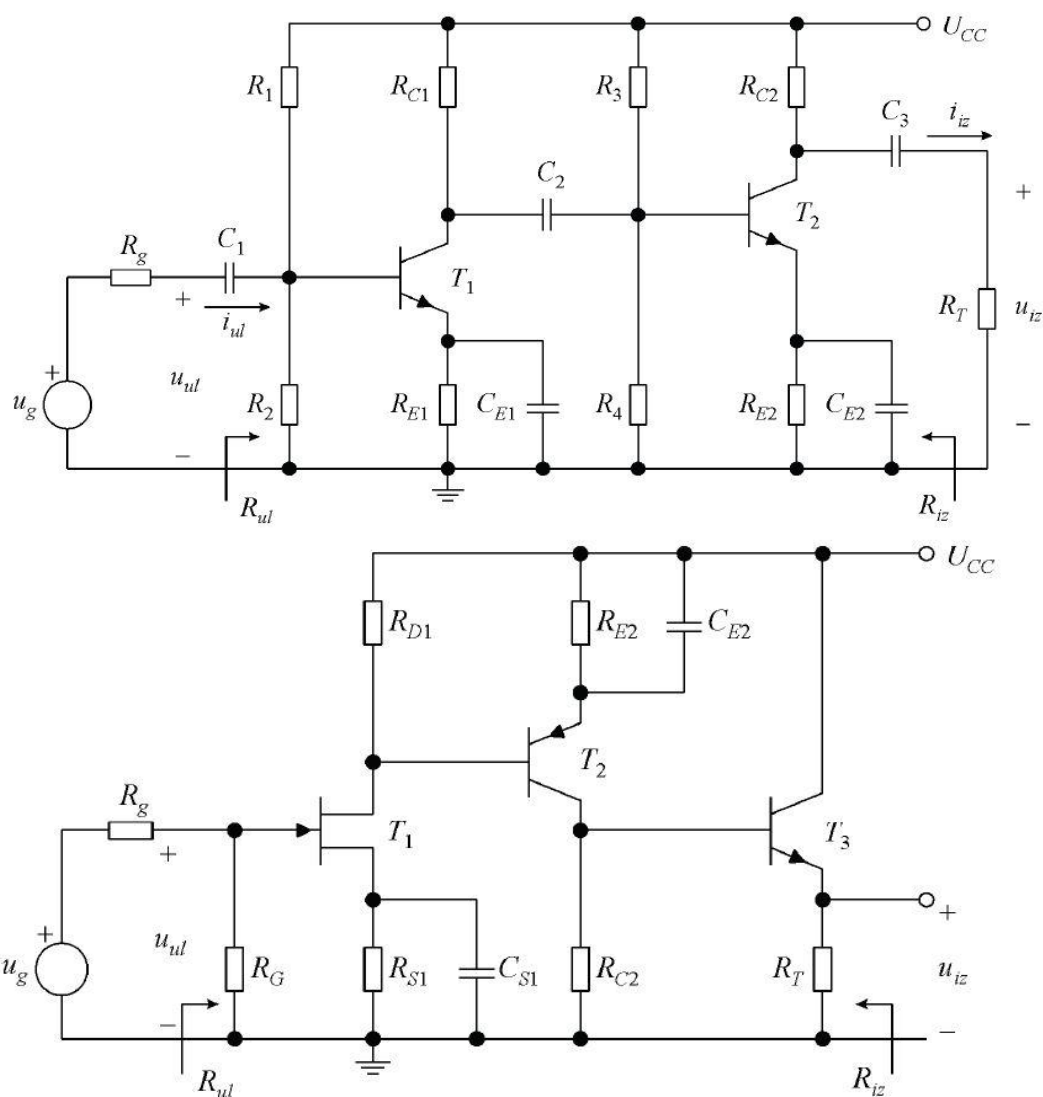
-Widlarov strujni izvor (*lijevo*) se zove po izumitelju Widlaru. Tranzistoru T_1 su kolektor i baza kratko spojeni, pa radi kao dioda, oba tranzistora rade na jednakim naponima U_{BE} , a ako su jednakih dimenzija, struje baza su im isto jednake. Uz $\beta \gg 2$, I_{C2} je približno I_{REF} , te vrijedi $I_{REF} = (U_{CC} - U_{BE})/R_0$.



-Widlarov logaritamski strujni izvor (*desno*) služi za podesavanje manjih struja (mikroamperskih). Tranzistoru T_2 je dodan R_2 , kako bi tranzistori bili na različitim U_{BE} ovima. $I_{C2} = \frac{U_T}{R_2} \ln \left(\frac{I_{REF}}{I_{C2}} \right)$. Zove se logaritamskim zbog logaritamskog odnosa struja.

12. Vrste veza za kaskadni spoj, prednosti nedostaci pojedine veze, nacrtati dvije kaskade, istosmjerna i izmjenična veza među stupnjevima.

Stupnjevi u kaskadnim spojevima se mogu povezati direktno ili preko kondenzatora. Kondenzator prekida vezu istosmjernim signalima, čime statičke radne točke tranzistora postaju neovisne. Pojacala s takvom vezom se nazivaju RC-vezana odnosno izmjenična pojacala. Druga mogućnost je izravna veza, te tako i istosmjerni signal može proći. Takva se nazivaju izravno vezana tj. istosmjerna pojacala. Prednosti prvih su lakše osiguravanje stabilnosti radne točke, dok prednosti drugih su negušanje signala na putu između stupnjeva pojacala.

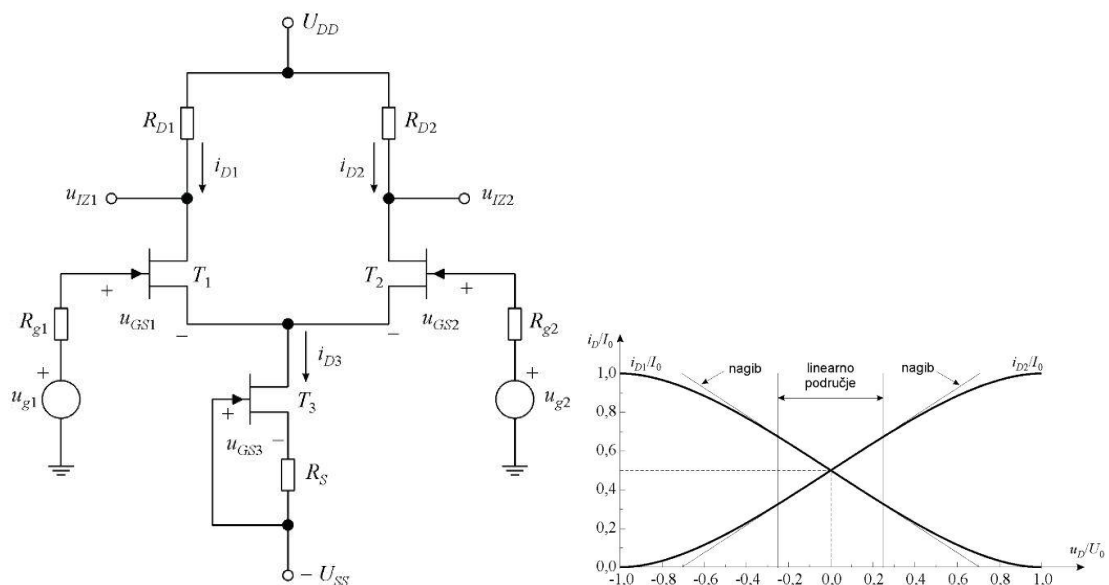


13. Vremenske konstante odredit za spoj ZE na niskim frekvencijama.

$$\tau_B = (R_B \parallel r_{be}) C_B \quad \tau_E = \left(\frac{r_{be}}{1 + h_{fe}} \parallel R_E \right) C_E \quad \tau_C = (R_C + R_T) C_C$$

14. Izrazi za $A(j\omega)$ na srednjim i visokim frekvencijama za tranzistor u ZE, Bodeovi dijagrami (koji kondenzatori tu djeluju, koji je dominantni pol...).

15. Nacrtati diferencijalno pojačalo s FET-om, fizikalno odnos zajedničkog i diferencijalnog pojačanja, prednosti i nedostaci pred diferencijalnim pojačalom s bipolarnim tranzistorima. I još dodatno kako se može još poboljšati dif. poj. Diferencijsko pojačalo sa FET-ovima. Napisati formule za U-I karakteristika, A_{vd} i A_{vz} i objasniti ih, te prednosti i nedostaci dif. pojačala s FET-ovima prema bipolarnim.



FET-ovi počinju raditi u području zasićenja tek priključivanjem signala. Pojačanje zajedničkog signala odgovara pojačanju zajedničkog signala kod bipolarne izvedbe.

$$A_{Vz} = \frac{u_{iz}}{u_z} = \frac{-\mu_2 R_{D2}}{2(1 + \mu_2) R_S + r_{d2} + R_{D2}} \approx \frac{-g_{m2} R_{D2}}{1 + 2g_{m2} R_S}$$

Struje se kroz R_S poništavaju kod diferencijskog signala, tako da na njemu nema pada napona. I pojačanje diferencijskog signala odgovara bipolarnoj izvedbi.

$$A_{Vd} = \frac{u_{iz}}{u_d} = \frac{-\mu_2 R_{D2}}{2(r_{d2} + R_{D2})} \approx \frac{-g_{m2} R_{D2}}{2}$$

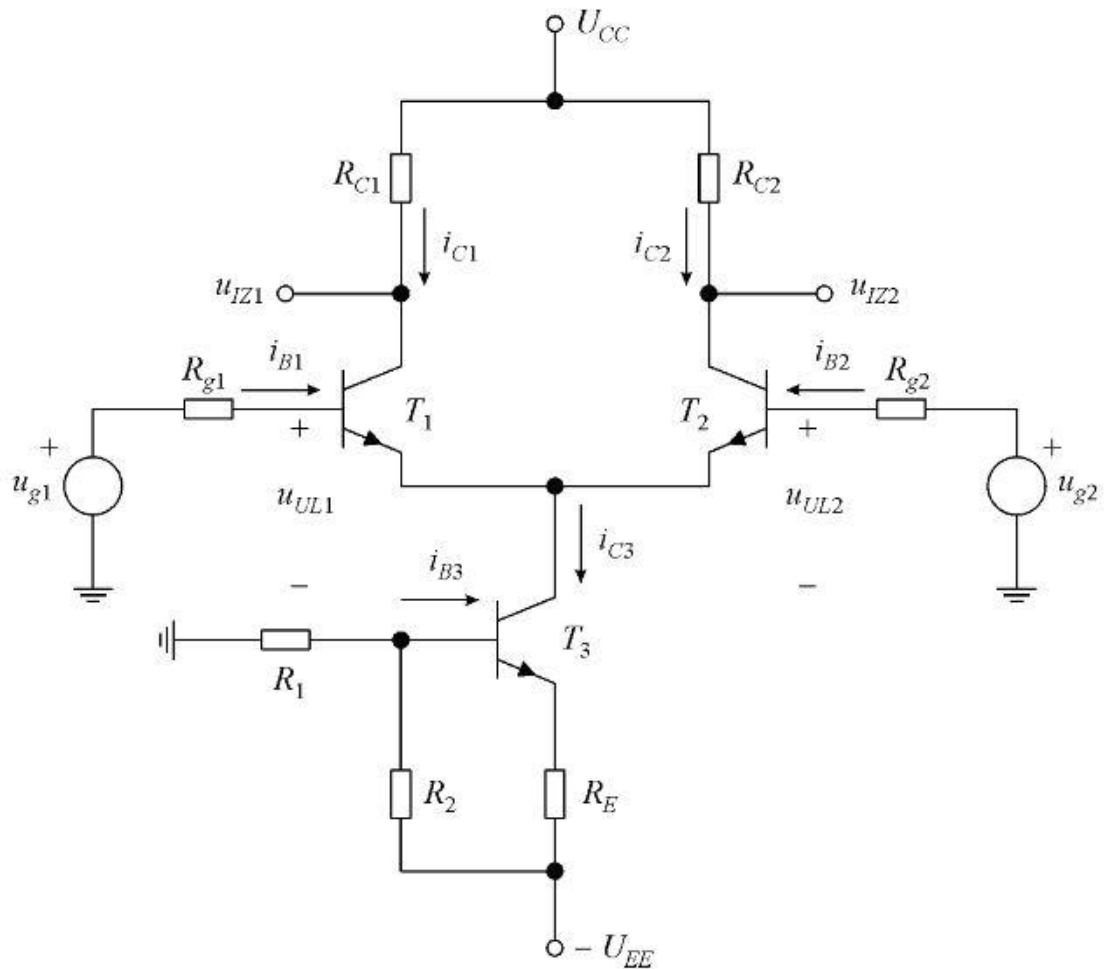
$$\rho = \frac{|A_{Vd}|}{|A_{Vz}|} = (1 + \mu_2) \frac{R_S}{r_{d2} + R_{D2}} + \frac{1}{2}$$

Veci faktor potiskivanja se može dobiti dodavanjem nelinearnog elementa umjesto R_S , tipa strujnog izvora. Samo povećanje R_S bi smanjilo struje pojačala, pa bi pao g_m . Pri promjeni temperature, karakteristika FETa je stabilnija od one bipolarca, pa ne zahtjeva dodatne komponente za stabilizaciju

16. Po čemu su posebni sinusni oscilatori? Na temelju čega rade oscilatori? Nabrojati kriterije osciliranja. Da li se teorija primjenjuje u praksi, zašto.

Sinusni signal za razliku od svih ostalih signala je napravljen od samo jedne frekvencije. Sinusni tj. harmonijski oscilatori obično koriste pozitivnu povratnu vezu. Barkhausenov kriterij osciliranja $T(j\omega_0) = \beta(j\omega_0)A(j\omega_0) = 1$, uvjeti su: 1. prolaskom kroz pojačalo i granu povratne veze signal se na ulazu pojačala mora vratiti s istom fazom i 2. prolaskom kroz pojačalo i granu povratne veze signal se na ulaz pojačala mora vratiti s istom amplitudom. Teorija se bas i ne primjenjuje, zbog promjene parametara pojačala s promjenom temperature, starenje komponenti i sl., pa se pojačanje složi da bude nešto veće od 1, pa napon napajanja limitira krajnju amplitudu.

17. Diferencijsko pojačalo sa velikim faktorom potiskivanja, nacrtati i objasniti.



Kako bi dobili veci faktor potiskivanja, potrebno je povecati dinamicki otpor, a kako otpornici imaju ta dva otpora jednaka, potreban je neki nelinearni elemnt. Primjer takog elementa je izlazni krug bipolarnog tranzistora u normalnom aktivnom podrucju. Primjer sa slike koristi veliki izlazni dinamicki otpor bipolarca kako bi povecao faktor potiskivanja. Otporno djelilo sa otpornicima R_1 i R_2 osigurava rad tranzistora T_3 u normalnom aktivnom podrucju. T_3 u kombinaciji s otpornicima R_1 , R_2 i R_3 cini strujni izvor, zato se i sklop zove diferencijsko pojacalo sa strujnim izvorom. Dinamicki otpor kojeg diferencijsko pojacalo dozivljava je

$$R_{iz3} \approx \left(1 + h_{fe} \frac{R_E}{R_B + r_{be3} + R_E} \right) r_{ce3}$$

$$A_{Vz} \approx \frac{A_{Iz}}{1 - A_{Iz}} \frac{R_{C2}}{2R_{iz3}}$$

$$A_{Vd} = \frac{-h_{fe} R_{C2}}{2(R_{g2} + r_{be2})}$$

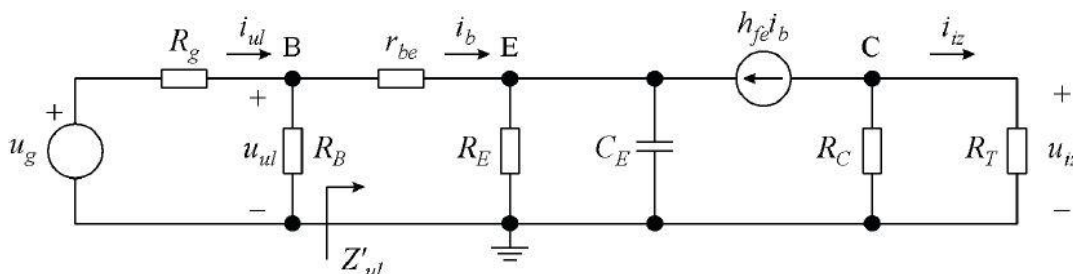
18. Nacrtan spoj zajedničkog uloda, nacrtati nadomjesnu shemu i objasniti koji kondenzatori utječu na pojačanje na VF, gornja granična frekvencija.
19. Razlika diskretnih i integriranih analognih sklopova, nacrtati jedan od njih, njegovu nadomjesnu shemu i odrediti A_v .

Integrirani sklopovi se proizvode odjednom, na jednom komadu silicija, te je cijeli sklop zatvoren u jedno kuciste. Kod diskretnih uglavnom svaki element sklopa je zaseban.

20. Kaskada ZE i ZC - shema, dinamika, vremenska konstanta kondenzatora koji spaja dva spoja (jedini koji je trebalo nacrtati), naponsko pojačanje, Bode...prokleto dug zadatak.
21. Pojačalo u spoju ZE s CMOSom - integrirana izvedba -> pojačanje, iznos struje kroz aktivni element (tranzistor na koji se spaja ulaz), tj. odnos te struje i referentne (ono s W/L).

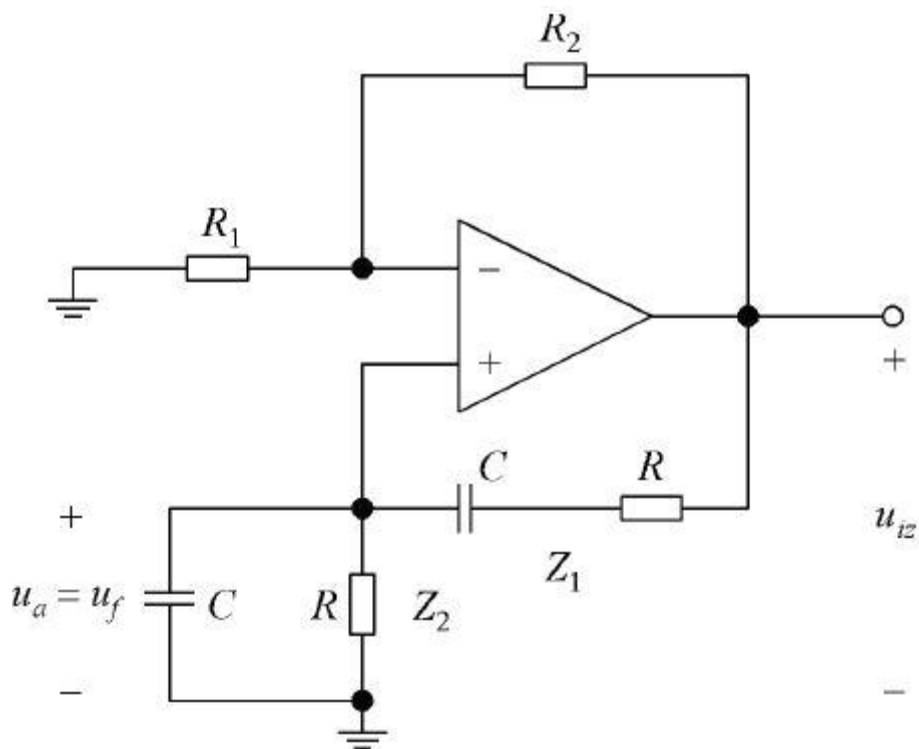
22. Spoj ZE i utjecaj samo kondenzatora C_E (znači niske frekvencije, nadomjesna shema, vremenske konstante). Nacrtati amplitudnu frekvencijsku karakteristiku i izraziti frekvencije ω_1 i ω_2 i pojačanja.

Pretpostavimo da na frekvenciji na kojoj radi sklop djeluje samo C_E , odnosno da su impedancije druga dva kondenzatora zanemarivo mali, pa se nadomjestaju kratkim spojem.



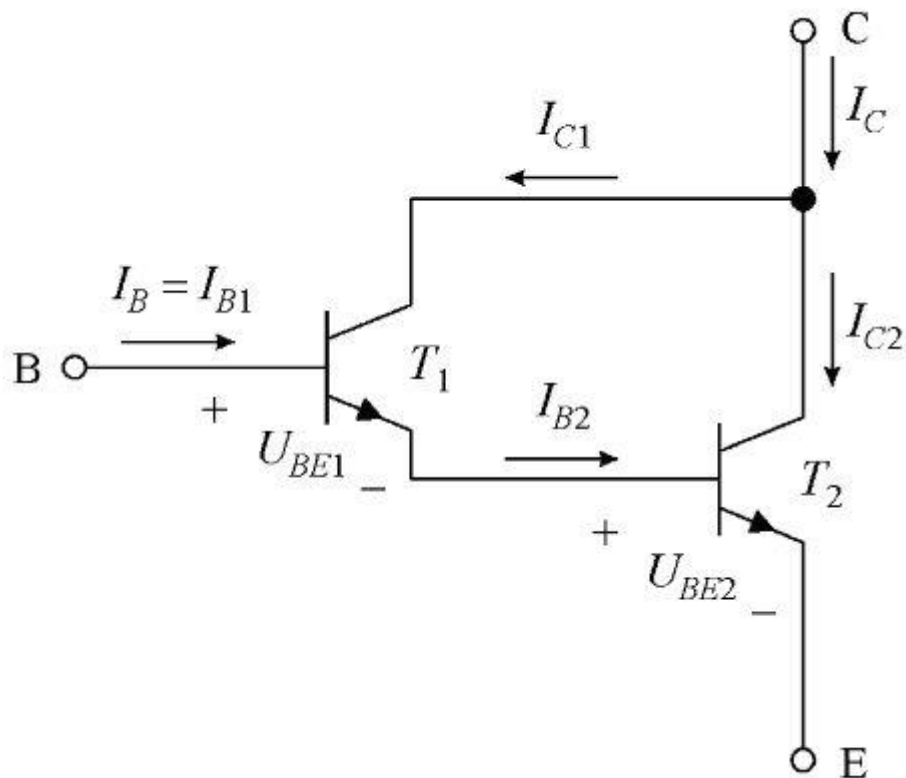
Na još nižim frekvencijama impedancija kondenzatora još raste, te se može odpojit, a pojačalo radi u spoju zajedničkog emitera s emitterskom degeneracijom

23. Oscilator s Wienovim mostom. Nacrtati ga, u koju grupu oscilatora spada i kako radi.



Oscilator s Wienovim mostom spada u RC-oscilatore. Povratna veza je realizirana sa RC paralelom i RC serijom. Ta paralela i serija cine Wienov most. Pozitivna povratna veza preko mosta služi za dobivanje oscilacija, dok negativna preko 2 otpornika određuje pojačanje pojačala. Frekvencija osciliranja je $f_0 = 1/(2\pi RC)$, ali je limitirana frekvencijskim odzivom pojačala. Pojačanje mora biti dovoljno veliko da nadjača prigušenje β grane, kako bi Barkhausen bio zadovoljen. Amplituda oscilacija može se stabilizirati sa paralelnom granom R_2 u kojoj se nalazi R_1 i 2 međusobno naopacke Zenerove diode, one određuju amplitudu.

24. Darlingtonov spoj.



Ovakvim spojem postize se puno vece strujno pojacanje nego s pojedinim bipolarcem.

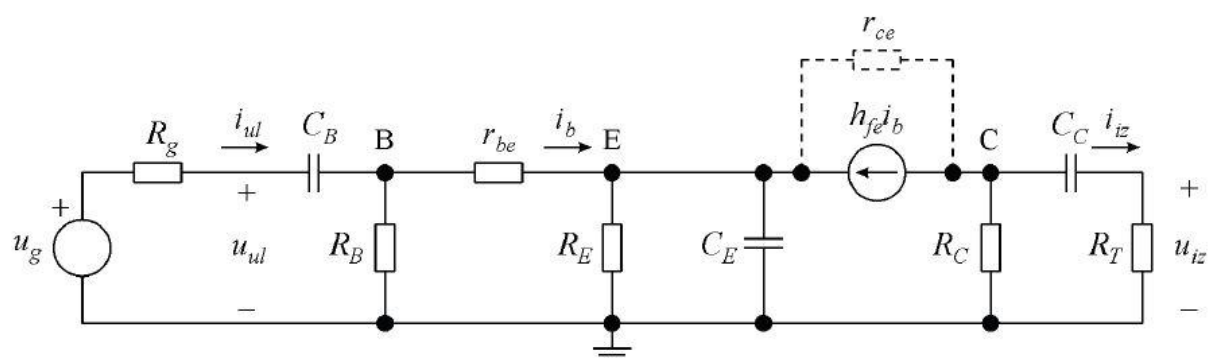
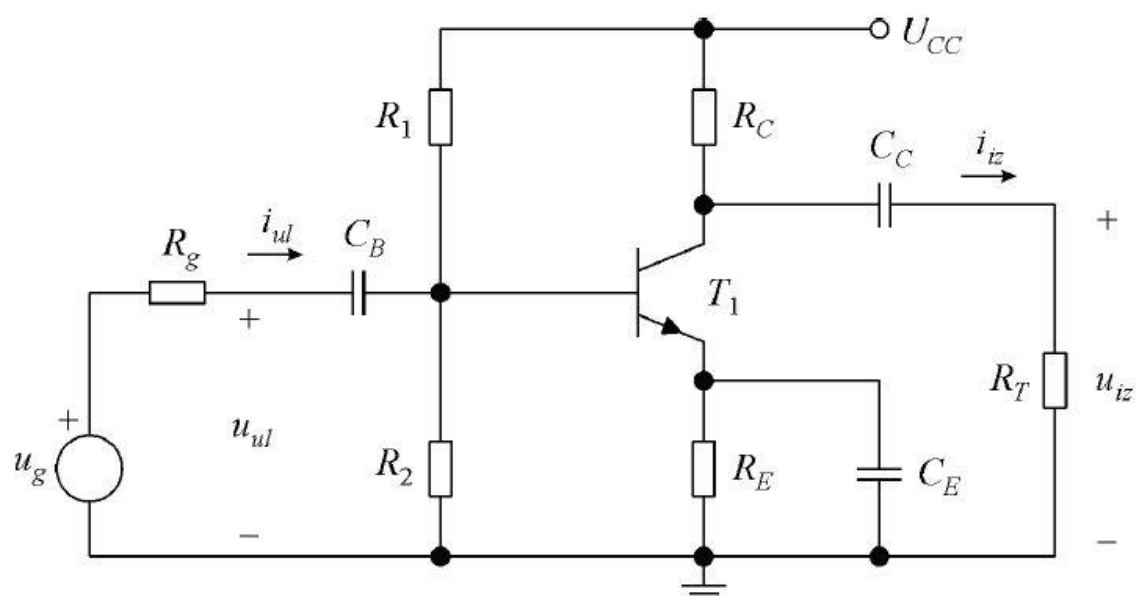
$I_C = \beta_1 \beta_2 I_B$ Ova kaskada djeluje kao slozeni bipolarmac. Tranzistor T_1 radi sa priblizno β_2

puta manjim strujama od T_2 . Ulazna struja je vrlo mala, pa je vrlo veliki ulazni

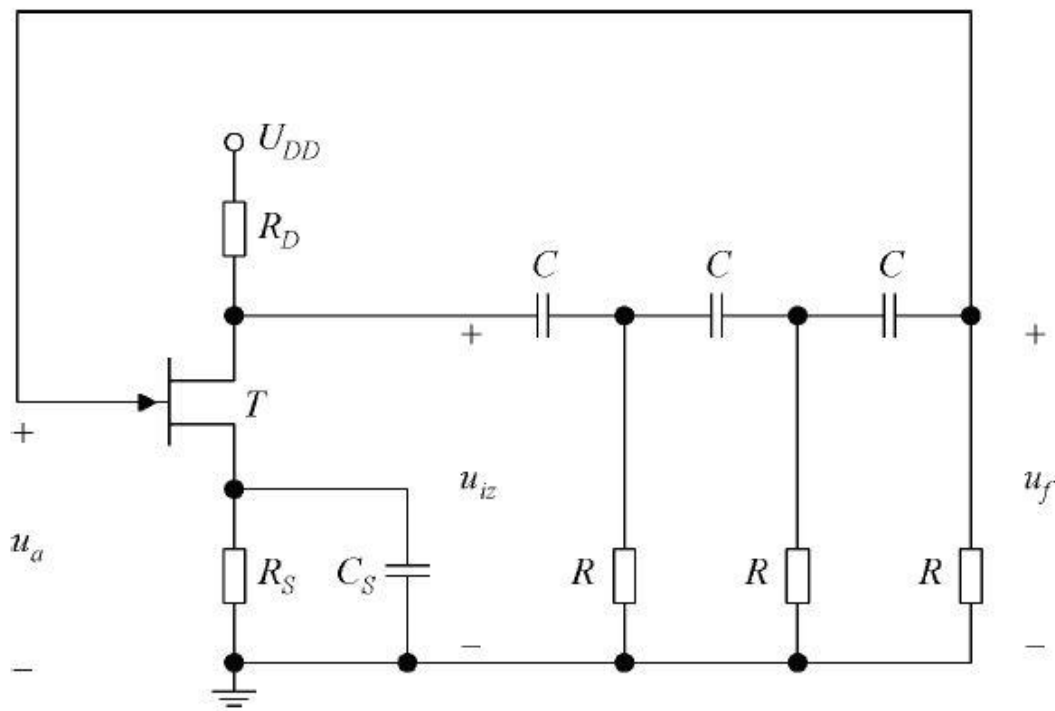
dinamicki otpor. Radi se ja jednoj plocici silicija, te se montira u jedno kuciste sa 3

izvoda. Kao slozeni tranzistor koristi se u pojacalima, stabilizatorima...

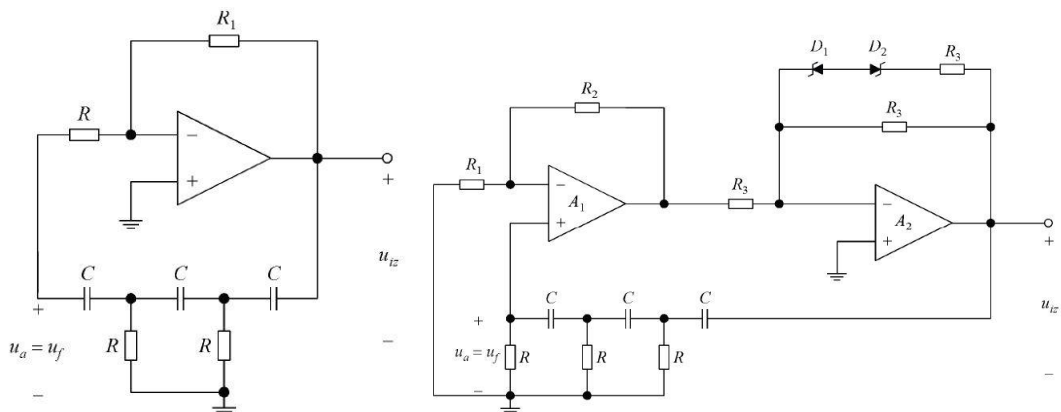
25. Spoj zajednickog emitera na niskim frekvencijama.



26. Oscilator sa faznim pomakom.

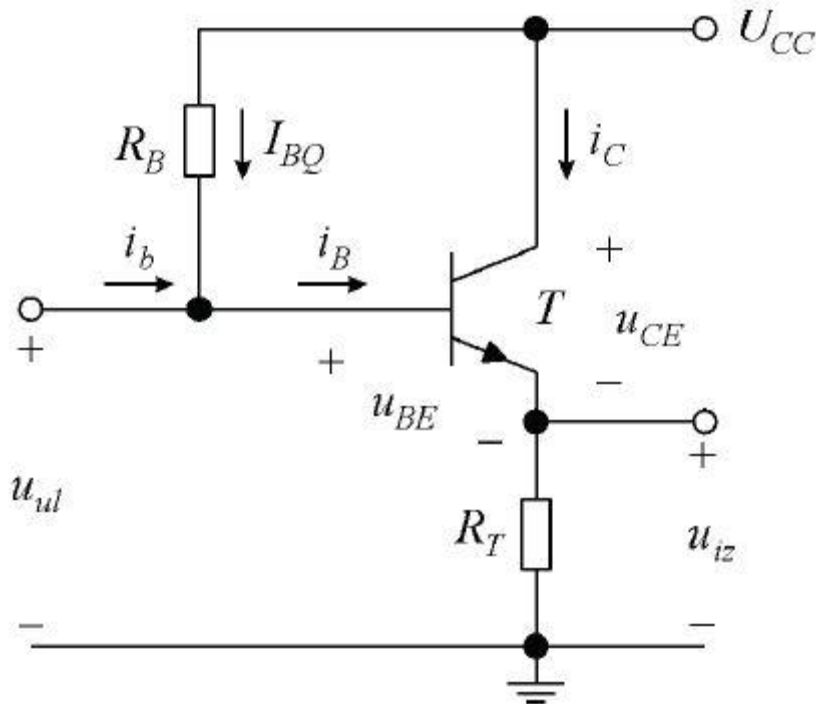


To je drugi tip Rc oscilatora. Ovo je verzija sa FETom u zajednickom uvodu, koje u podrucju srednjih frekvencija zakrece fazu za 180° . Pozitivna povratna grana je realizirana sa 3 RC-clana, od kojih svaki zakrece fazu za 90° , pa je max 270° , ali se oscilacije javljaju na onoj frekvenciji gdje je pomak od 180° jer je to uvijet oscilacije (istofaznost sa ulaznim signalom). Frekvencija osciliranja je $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{6}RC)$, uz gusenje od 29. Izvedbe sa operacijskim pojalcom, desna je dvostupanjska kako R ne bi bio dio i A i β grane, te je jos dodana grana sa Zenericama zbog stabilnosti.

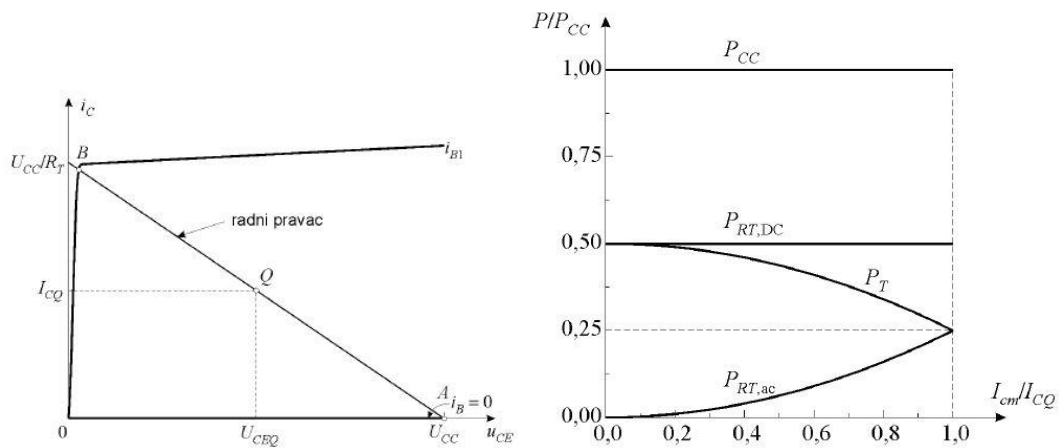


27. Spoj zajedničkog emitera (pojačanje, karakteristiku, Bodea).

28. Izlazno pojačalo klase A, općenito, graf raspodjele snage, po čemu se razlikuju pojačala snage od signalnih, što je bitno kod odabira, nacrtati graf razina snage.



Kao pojačalo klase A može se koristiti bilo koji osnovni spoj pojačala. Može biti bilo koji od zajedničkih emitera, baze ili kolektora, mogu biti i FET-ovi. Prijenos snage je najveći kada izlazni otpor pojačala i otpor tereta su jednaki, a kako je obično priključen mali otpor na izlaz, važno je da je izlazni otpor pojačala isto tako mali, tako da se najčešće koriste spoj zajedničkog kolektora tj. emitorsko sljedilo ili zajednički odvod tj. uvodno sljedilo. Potrošnja snage na tranzistoru se smanjuje s porastom amplitude signala. $P_{T, \max} = U_{CC} I_{CQ} - R_T I_{CQ}^2$. Korisnost raste s porastom signala isto $\eta = R_T I_{cm}^2 / 2 U_{CC} I_{CQ}$. Korisnost ovako postavljene radne točke je 25%.

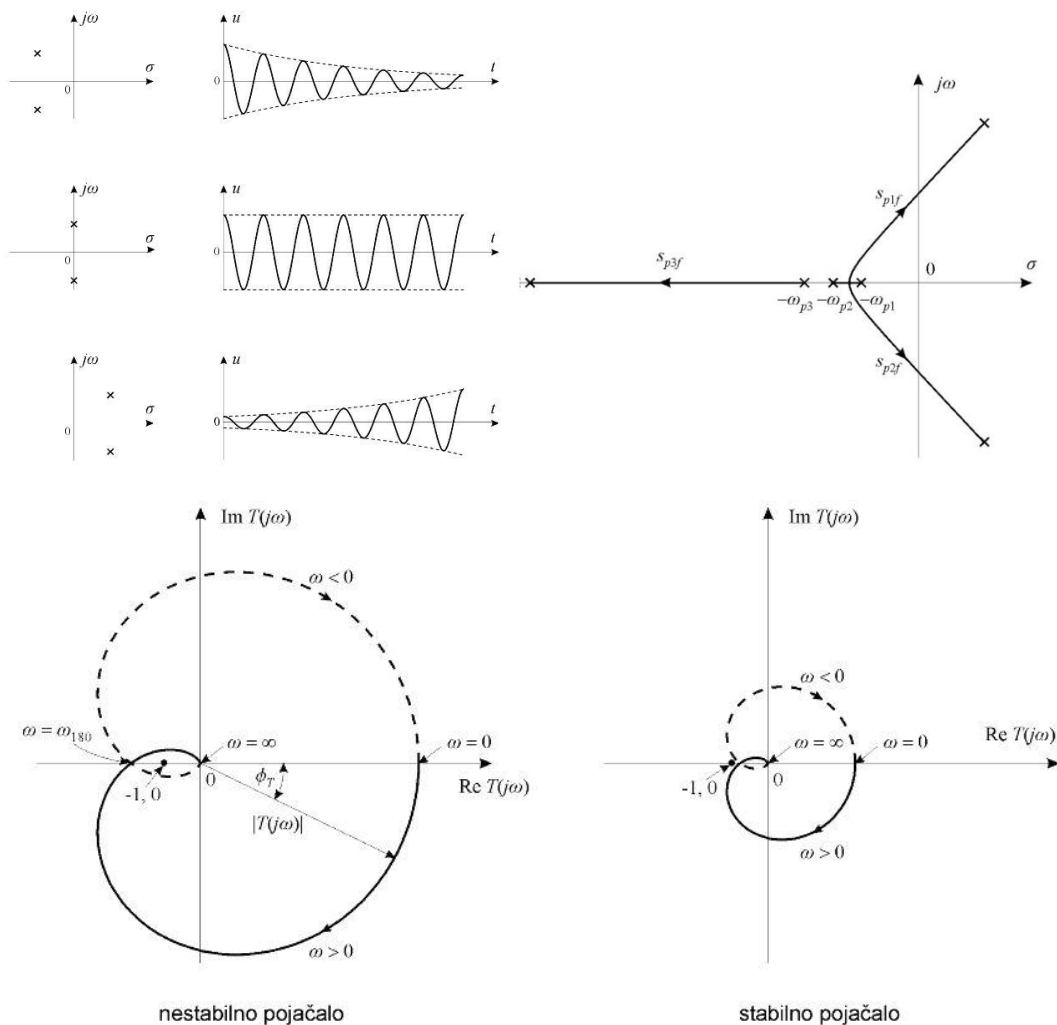


Glavni nedostatak pojačala klase A je vrlo mala korisnost, pola se troši kao istosmjerna komponenta, rastom amplitude signala ostala polovica se u najboljem slučaju polovicno razdjeli na tranzistor i trosilo. Ako želimo 1W na trosilu, moramo potrositi 4W na napajanju, i koristiti tranzistor koji može podnijeti 2W, u najboljem slučaju.

29. Vrste povratnih veza, specifična pojačanja za svaku pojedinu vezu i kako pojedina veza utječe na ulazni i izlazni otpor.

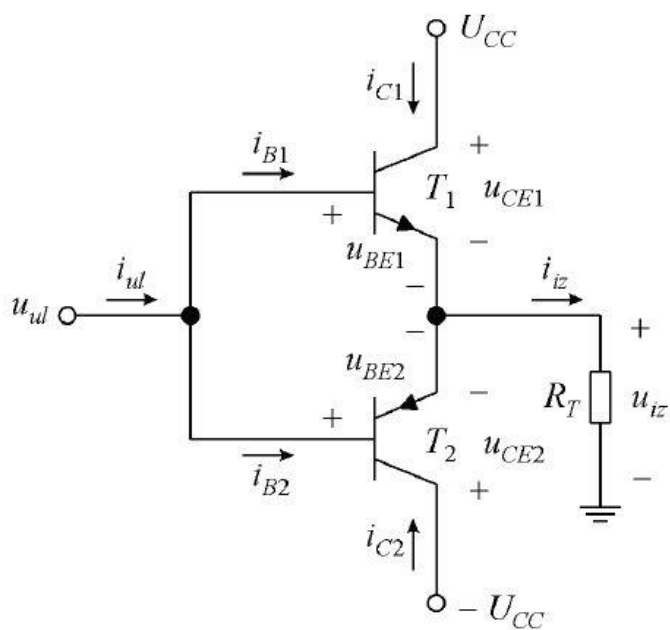
Sve o stabilnosti pojačala s povratnom vezom, o čemu ovisi, Nyquist, položaj polova..

Povratna veza može biti pozitivna ili negativna, i oba se primjenjuju. Pozitivna povećava izlazni signal, dok ga negativna smanjuje. Kod pojačala se koristi negativna, iako smanjuje signal, ali daje niz poboljšanja: dodatno stabilizira pojačalo od utjecaja promjene temperature, smanjuje nelinearna izobličenja, proširuje frekvencijsku širinu pojačala, te djeluje na ulazne i izlazne impedancije sklopa čime se on približava idealnome. Postoje 4 vrste povratnih veza; naponsko-serijska ($A_{Vf} = \frac{A_V}{1+\beta A_V}$, povećava R_{ul} i smanjuje R_{iz}), naponsko-paralelna ($R_{Mf} = \frac{R_M}{1+\beta R_M}$, smanjuje R_{ul} i R_{iz}), strujno-serijska ($G_{Mf} = \frac{G_M}{1+\beta G_M}$, povećava R_{ul} i R_{iz}) i strujno-paralelna ($A_{If} = \frac{A_I}{1+\beta A_I}$, smanjuje R_{ul} , a povećava R_{iz}). Polovi nam govore o stabilnosti prijenosne funkcije, pojačala sa 1 ili 2 pola su bezuvjetno stabilna, dok pojačala sa 3 i više su uvijekno stabilna, naime polovi moraju biti u lijevoj poluravnini koordinatnog sustava, tako da su i takva pojačala stabilna dok su im polovi s negativnim realnim dijelom.

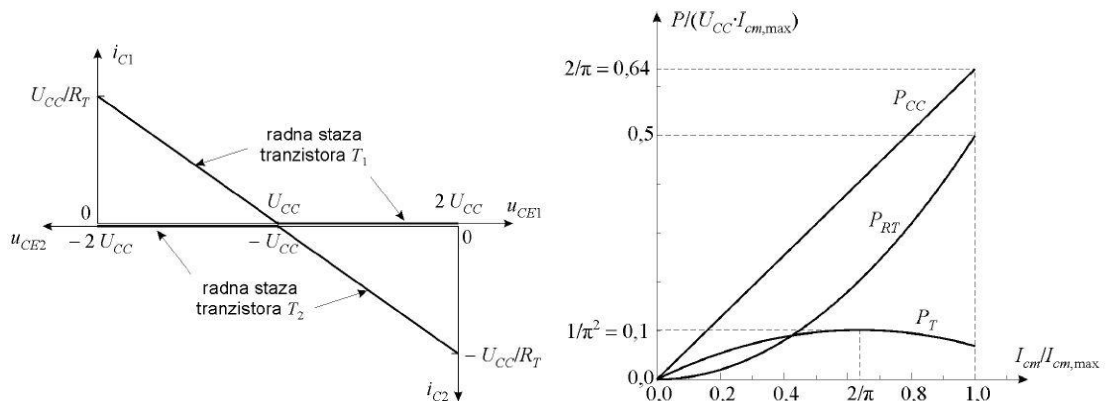


30. Pojačalo snage klase B.

Protutaktno pojačalo klase B rješava problem korisnosti kod klase A. Kod klase B je uklonjena istosmejrna komponenta, što prvenstveno djeluje na povećanje korisnosti. Oba tranzistora rade u spoju emitorskog sljedila. Da se izbjegne istosmjerna struja trosila, tranzistori nisu postavljeni u statičku radnu



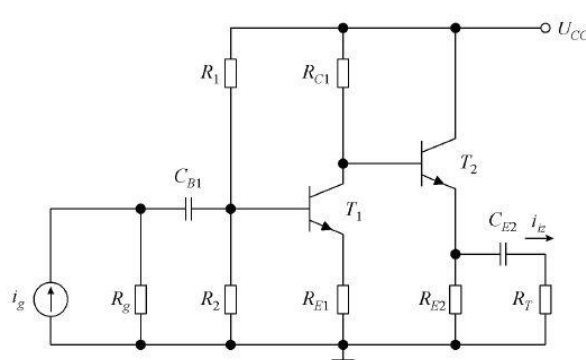
točku. Pocijnu vodiit tek na prisutnost signala, i to uvijek samo jedan. Gledajuci svaki tranzistor posebno, izrazito su ne linearni, ali kada se gledaju oba zajedno dobije se linearni izlaz (kod struja). Potrosnja se mijenja ovisno o amplitudi signala, $P_{RT}=R_T I_{cm}^2/2$, za $i_{iz}=I_{cm}\sin\omega t$. Korisnost, $\eta=\pi R_T I_{cm}/4U_{CC}$ je najveca uz najvecu amplitudu, i tada iznosi 78.5%



Ako zelimo 1W snage na trosilu, trebamo osigurati 1.27W napajanja i tranzistore za 0.2W. Preskocna izoblicenja, javljaju se kod pojacanja napona, jer tranzistori potrose 0.7 dok provedu. Kod prevelikog signala, tranzistori ulaze u zasicenje, te daljnim porastom ne rasne i izlaz.

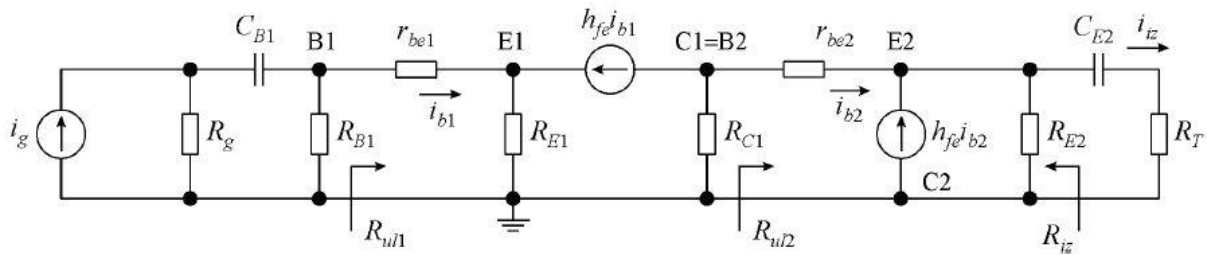
31. Kaskada na niskoj frekvenciji.

Vremenske konstante se dobivaju mnozenjem kondenzatora sa otporom koji "vidi". Ako zelimo odrediti donju granicnu frekvenciju, prilikom odredivanja pojedinih vremenskih konstanti, ostale kondenzatore (ako ruse pojacanje na srednjim frekvencijama) kratko spajamo. Donja granicna karakteristicna frekvencija ω_d mora biti barem 4 puta veca od svake sljedece, dominantni pol. Ako nije onda se aproksimira sa sumom reciprocnih vremenskih konstanti. Slika > oba kondenzatora,

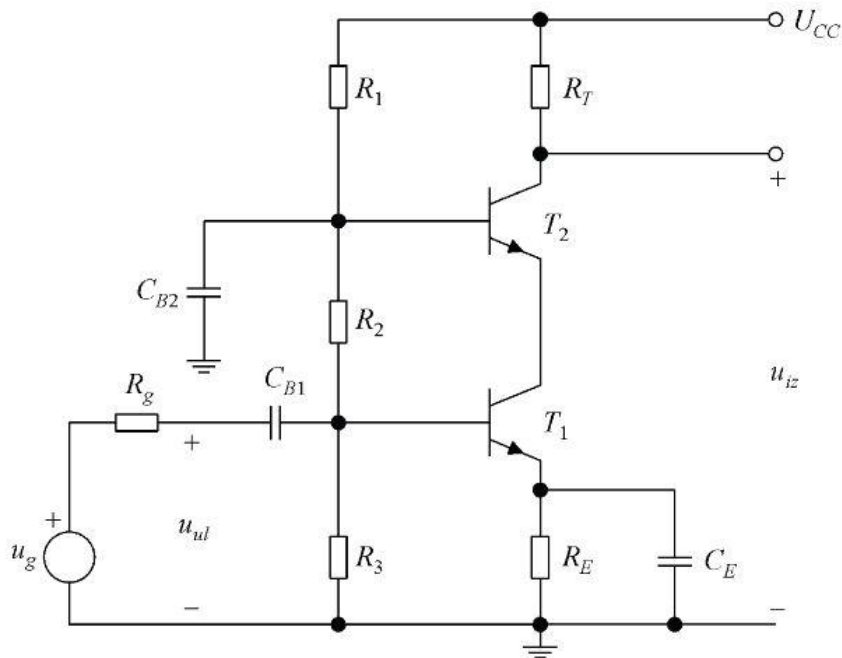


C_{B1} i C_{E2} ruse pojacanje, pa su zato ukljuceni u nadomjesnu shemu za dinamicku analizu.

$$\omega_{B1} = \frac{1}{\tau_{B1}} = \frac{1}{(R_G + R_{B1} \parallel R_{u1})C_{B1}}, \quad \omega_{E2} = \frac{1}{\tau_{E2}} = \frac{1}{(R_{iz} + R_T)C_{E2}}$$



32. Kaskoda.



Kaskoda je dvostupanjsko kaskadno pojačalo, gdje je prvi stupanj pojačalo u spoju zajednickog emitera (ima visoka strujna i naponska pojačanja, i umjereno visoki ulazni otpor, te losa visokofrekvencijska svojstva kao posljedicu Millerovog efekta), a drugi stupanj pojačalo u spoju zajednicke baze (ima znatno bolja svojstva na visokim frekvencijama, zbog toga sto nema Millerovog efekta, nedostatak su mu losija pojačanja i manji ulazni otpor). Otpornici R_1 , R_2 i R_3 cine otporno djelilo za uspostavljanje napona na tranzistorima.