

Drugi kolokvij iz Industrijske elektronike I (23. 12. 2008)

Odgovori na vprašanja morajo biti utemeljeni, da je razvidno vaše razumevanje problematike.

Neutemeljeni, drugače pa pravilni odgovori, prispevajo 0 % h končni oceni.

Izjema so vprašanja, kjer se zahteva definicija ali dejstvo, kar se ne da utemeljiti.

Vprašanje, ki zahteva utemeljitev: Ali žica, ki povezuje usmernikovi sponki, predstavlja idealen kratek stik?

Odgovor: Ne. Vsaka žica izkazuje določeno notranjo upornost, zato idealnega kratkega stika ni mogoče narediti.

Odgovor »NE« je pravilen, vendar ni utemeljen, zato je sam zase vreden 0 %.

Vprašanje brez utemeljitve: Kaj je kondenzator? Odgovor: Element, ki izkazuje pretežno kapacitivnost.

Odgovor: »Element, ki izkazuje kapacitivnost«, je napačen, ker elementa, ki izkazuje samo kapacitivnost ni, medtem ko kapacitivnost izkazujejo tudi upori, žice, tranzistorji in na sploh vsi elementi.

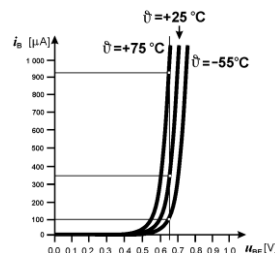
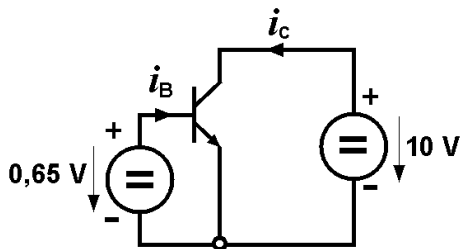
1. **A. Kaj je lezenje napetostnega ojačevalnika? B. Kaj je velikost lezenja na izhodu? C. Kaj je velikost lezenja na vhodu? D. Velikost katerega od teh lezenj lahko izmerimo in kako to naredimo? E. Kako izračunamo velikost lezenja, ki ga ne moremo izmeriti?**
 - A. Pojav, pri katerem se izhodna napetost ojačevalnika spreminja pri konstantni vhodni napetosti.
 - B. Širina napetostnega intervala, v katerem se spreminja izhodna napetost pri konstantni vhodni napetosti.
 - C. Širina napetostnega intervala, v katerem bi pri ojačevalniku brez lezenja morali spreminjati vhodno napetost, da bi na izhodu dobili enako spremembo napetosti, kot jo povzroča lezenje realnega ojačevalnika.
 - D. Na izhodu, tako da nanj priklopimo voltmeter in v časovnem intervalu, ki nas zanima, s spremljanjem poteka (ali uporabimo dva dajalnika temenske vrednosti ☺) ugotovimo največjo in najmanjšo napetost, ki se pojavi na izhodu.
 - E. Velikost lezenja na izhodu delimo z napetostnim ojačenjem ojačevalnika.

2. **A. Zakaj je lezenje pri elektroniki v avtomatiki pomembno za razliko od elektronike telekomunikacij in akustike, kjer je lezenje skoraj nepomembno? B. Na kakšen način nam lezenje kviri meritve?**
 - A. V avtomatiki potrebujemo enosmerne (DC) signale, ker merimo absolutne vrednosti veličin in ne samo njihove spremembe (akustični signali, RF modulirani signali). Zato potrebujemo enosmerno (DC) sklopitve signalov in ne samo AC sklopitve, ki ima določeno spodnjo frekvenčno mejo, kar posledično zaduši lezenje.
 - B. Velikost lezenja na vhodu neposredno določa spodnjo mejo negotovosti merjene napetosti in s tem posredno negotovost veličine, ki jo zajemamo s senzorjem.

3. **Katere tri prednosti nam nudi diferencialni ojačevalnik pri zajemu senzorskih signalov v primerjavi z navadnim tranzistorskim ojačevalnikom?**
 - A. Omogoča enostavno izvedbo enosmerne (DC) sklopitve signala.
 - B. Močno zmanjša napake pri meritvah, ki jih lahko obravnavamo kot sofazni signal (tipični primer je parazitni padec napetosti na masi).
 - C. Močno zmanjša lezenje (pomembno je zlasti temperaturno), ker se le-to obnaša (skoraj) kot sofazni signal.

4. A. Kaj je termični pobeg? B. Skicirajte katerokoli vezje, kjer se termični pobeg lahko pojavi. C. Razložite, zakaj v izbranem primeru ta pojav nastopi.

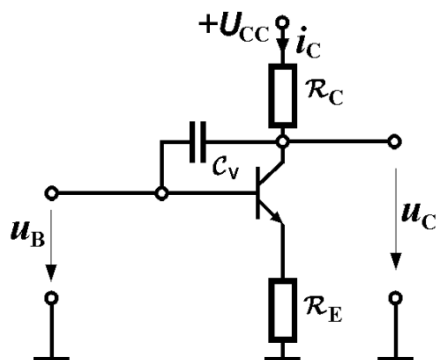
- A. Pojav, ko se zaradi izgubne moči in segrevanja elementa, izgubna moč še poveča, kar vodi v povečano segrevanje in nadaljnje večanje izgubne moči, kar se lahko konča s pregorelim elementom.
 B. Skica (ena od možnosti).



- C. PN spoj med bazo in emitorjem je napetostno krmiljen in izkazuje negativni temperaturni koeficient napetosti. Pri segrevanju tranzistorja se $I_C(U_{BE})$ in $I_B(U_{BE})$ karakteristiki pomakneta v levo, kar povzroči ogromno povečanje toka in nadaljnje večanje izgubne moči, kar zopet pomakne $I_C(U_{BE})$ karakteristiko v levo, itd.

5. A. Kaj je Mullerjeva kapacitivnost? B. Zakaj oziroma kako ta pojav nastane? C. Na kakšen način negativno vpliva na zajem senzorskih signalov?

- A. Mullerjeva kapacitivnost je pojav, pri katerem se kapacitivnost med vhodom in izhodom napetostnega ojačevalnika C_v na vhodu ojačevalnika pojavi kot za faktor napetostnega ojačenja večja C_v , vezana na maso.



- B. Ko se vhodna napetost spremeni za Δu_B , se izhodna napetost spremeni za $\Delta u_C = A \cdot \Delta u_B$. S tem se tudi napetost leve sponke kondenzatorja spremeni za Δu_B , desne sponke pa za $A \cdot \Delta u_B$, tako je celotna sprememba napetosti na kondenzatorju enaka $\Delta u_B - A \cdot \Delta u_B$. Ker je obravnavani ojačevalnik invertirajoči, enačbo napišemo kot

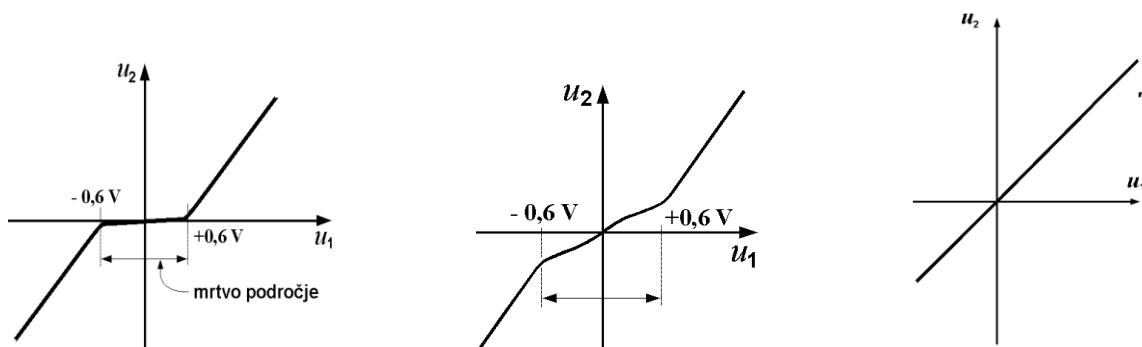
$\Delta u_B + |A| \cdot \Delta u_B = (1 + |A|) \cdot \Delta u_B$. Da se vhodna napetost lahko spremeni za Δu_B , je potrebno kondenzatorju C_v dovesti dovolj toka, da se njegova napetost spremeni za $(1 + |A|) \cdot \Delta u_B$.

Predpostavimo, da ves ta tok priteže iz signalnega vira. To je običajno res, saj je bazna sponka tranzistorja napetostno krmiljena, kar pomeni, da je Theveninova notranja upornost signalnega vira mnogo manjša od notranje upornosti bazne sponke tranzistorja, zato večina toka teče, kjer je upornost najmanjša, oziroma iz signalnega vira. S stališča signalnega vira se kondenzator C_v obnaša kot kapacitivnost $(1 + |A|) \cdot C_v$ proti masi, saj moramo za njegovo polnjenje in praznjenje dovajati $(1 + |A|)$ -krat večji tok, kot bi ga morali dovajati kondenzatorju C_v , vezanemu na maso.

- C. Mullerjeva kapacitivnost tvori s Theveninovo notranjo upornostjo signalnega vira parazitni RC člen, ki manjša zgornjo frekvenčno mejo signalne prenosne poti. Alternativno gledanje je, da pojav manjša vhodno admitanco vezja, s čimer bolj bremeni signalni vir, oziroma povzroča večje frekvenčno odvisno sesedanje vhodne napetosti, kar je eno in isto.

6. **A. Kaj pomenijo oznake ojačevalnih razredov B, AB in A? B. Skica značilnih karakteristik. C. Kateri razred pomeni najmanj popačeno ojačenje oziroma najkakovostnejši prenos signala; zakaj? D. Zakaj ne uporabljamo vedno ojačevalnikov v razredu, ki pomeni najmanjše popačenje? E. V katerem razredu deluje navaden tranzistorski napetostni ojačevalnik (z AC sklopitvijo in prednapetostjo z uporovnim delilnikom) in v katerem razredu diferencialni ojačevalnik?**

- A. Razred B: majhni signali niso ojačeni (obstoj mrtve cone). Razred AB: tudi majhni signali so ojačeni, vendar njihovo ojačenje ni enako ojačenju velikih signalov (velika nelinearnost ojačevalnika, vendar manjša kot pri mrtvi coni razreda B). Razred A: tako majhni kot veliki signali so ojačeni z istim ojačenjem (majhna nelinearnost in popačenje).
- B. Skice značilnih karakteristik B, AB in A od leve proti desni:



- C. Razred A, ker ima najmanjšo nelinearnost od vseh razredov, zato se signal pri prenosu popači najmanj.
- D. Ker imajo ojačevalniki v razredu manjšega popačenja slabše izkoristke kot v razredu večjega popačenja.
- E. Oba v razredu A. Pri navadnem tranzistorskem ojačevalniku napetostni delilnik poskrbi za delovno točko v aktivnem področju delovanja tudi ob odsotnosti vhodnega signala, kar izključi razred B. To delovno točko vhodni signal le malo spreminja, zato je odvisnost izhodne napetosti od vhodne dokaj linearna. To se vidi iz slik osciloskopa, kjer je izhodni sinusni signal vsaj pri majhnih amplitudah skoraj samo povečana replika vhodnega signala, kar izključi možnost razreda AB.
- Pri diferencialnem ojačevalniku z negativno napetostjo v emitorski veji poskrbimo, da sta tranzistorja odprta že pri vhodnih napetostih 0 V, kar izključi možnost razreda B. Mrtve cone ne odpravimo s prednapetostjo na bazi, ki naj bi bila približno enaka kolenski napetosti U_{be} , ampak delovno točko določa emitorski tokovni vir, zato ni razlike med ojačevanjem majhnih in velikih signalov, kar izključi možnost razreda AB.

7. **A. Kaj predstavlja upornost »mali r_E «, ki jo narišemo v emitorsko vejo tranzistorja? B. Kako se ta upornost izračuna? C. Ali vrednost r_E narašča ali upada z naraščanjem kolektorskega toka? D. Ali vrednost r_E narašča ali upada z naraščanjem temperature tranzistorja?**

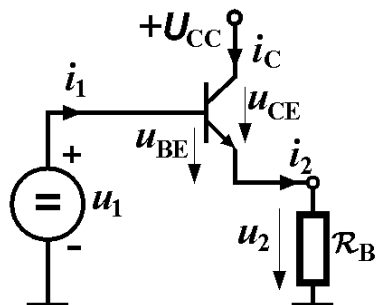
- A. Ta upornost modelira spreminjanje napetosti U_{be} pri spremembi kolektorskega toka I_c (r_E je enaka obratni vrednosti strmine karakteristike $I_c(U_{be})$ v določeni delovni točki). Če te upornosti ne upoštevamo, vezje obravnavamo, kot da je napetost U_{be} v aktivnem področju delovanja tranzistorja konstantno 0,6 V, kar predstavlja določeno odstopanje od realističnega dogajanja.
- B. $r_E = U_t / I_c$.
- C. Iz enačbe pod (B) se vidi, da r_E upada z naraščanjem I_c .
- D. Iz enačbe pod (B) se vidi, da r_E narašča z naraščanjem temperature ($U_t = kT/q$).

8. Kaj je močnostni ojačevalnik: A. Opis na podlagi dveh lastnosti napetosti in tokov; B. Opis na podlagi dveh lastnosti transformacije impedanc?

- A. Močnostni ojačevalnik je vezje, ki vhodno napetost (referenčnega vira, signalnega generatorja, senzorja) kar se da nespremenjeno vsiljuje na izhodnih sponkah bremenu. Pri tem večina toka, ki teče v breme, ne priteče iz vhodnih sponk močnostnega ojačevalnika (referenčni vir, signalni generator, senzor malo obremenjeni), ampak ga zagotovi močnostni ojačevalnik iz lastnega napajanja.
- B. Močnostni ojačevalnik je vezje, ki relativno nizko impedanco bremena, priklapljenega na izhodnih sponkah, transformira v relativno veliko impedanco na vhodnih sponkah (signalni vir čuti na svojih sponkah večjo upornost in s tem manjšo obremenitev, kot bi jo, če bi breme direktno priklopili nanj). Relativno velika Theveninova notranja upornost signalnega vira se na izhodne sponke močnostnega ojačevalnika preslika kot mnogo manjša notranja upornost (kombinacija signalnega generatorja in močnostnega ojačevalnika je napetostni vir z mnogo manjšo Theveninovo notranjo upornostjo od tiste, ki jo ima sam signalni vir).

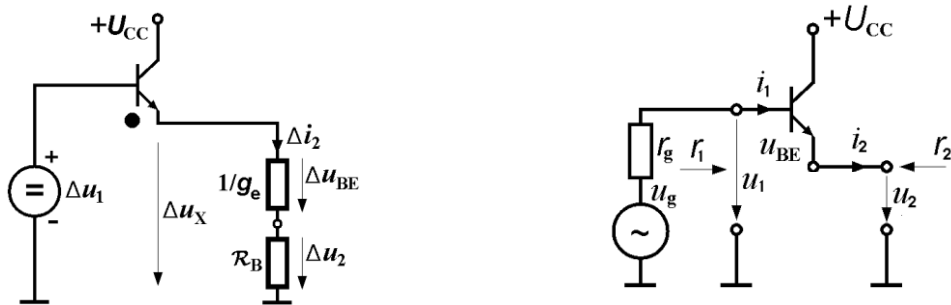
9. A. Skicirajte emitorski sledilnik. B. Kaj to vezje dela? C. Razložite njegovo delovanje.

A. Skica.



- B. To vezje je močnostni ojačevalnik; za opis glej odgovor na vprašanje 8.
- C. Tok i_2 je emitorski tok, kar pomeni, da je enak vsoti kolektorskega in baznega toka. Ker je kolektorski tok β -krat večji od baznega toka, pomeni, da večina toka i_2 priteče iz kolektorske veje in samo majhen delež iz signalnega vira kot tok i_1 .
Pri tem je napetost $u_2 \approx u_1$, oziroma natančneje $u_2 \approx u_1 - 0,6 \text{ V}$.

10. A. Izpeljite vhodno notranjo upornost emitroskega sledilnika, ki ima na izhod priklopljeno breme R_b .
 B. Izpeljite izhodno notranjo upornost emitroskega sledilnika, ki ima na vhod priklopljen napetostni generator s Theveninovo upornostjo r_g .
 (V obeh primerih izpeljava brez upoštevanja upornosti »mali r_E « prinese polovico točk.)



- A. Leva slika: Δu_1 povzroči Δu_x , ker je $u_x = u_1 - 0,6$ V. Ta sprememba je vsiljena vsoti bremenske upornosti in upornosti $r_E (=1/g_e)$. $\Delta i_2 = \Delta u_x / (r_E + R_b)$. Δi_2 je enaka vsoti sprememb kolektorskega in baznega toka: $\Delta i_2 = (\Delta i_b + \Delta i_c) = (\Delta i_b + \beta \Delta i_b) = \Delta i_b (1 + \beta)$; $\Delta i_b = \Delta i_2 / (1 + \beta) = \Delta u_1 / ((1 + \beta)(r_E + R_b))$.
 Vhodna notranja upornost je $\Delta u_1 / \Delta i_b = (1 + \beta)(r_E + R_b)$.
- B. Desna slika (r_E ni narisano, vendar se razume, da je vezan zaporedno z emitorjem):
 Δi_2 povzroči Δu_2 zaradi padca napetosti na r_E in zaradi padca napetosti na r_g .
 Padec napetosti na r_E je $\Delta u_{rE} = \Delta i_2 * r_E$.
 Ker je bazni tok $(1 + \beta)$ -krat manjši od emitroskega toka, je padec na r_g enak $\Delta u_{rg} = (\Delta i_2 / (1 + \beta)) * r_g$.
 $\Delta u_2 = \Delta u_{rE} + \Delta u_{rg}$. Izhodna notranja upornost je $\Delta u_2 / \Delta i_2 = r_E + r_g / (1 + \beta)$.