

Drugi kolokvij iz Elektronike z digitalno tehniko (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.

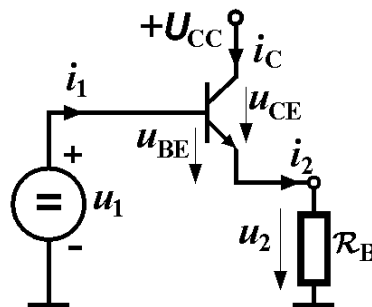
Odgovor: »Element, ki izkazuje kapacitivnost«, je napačen, ker elementa, ki izkazuje samo kapacitivnost ni, medtem ko kapacitivnost izkazujejo tudi upori, žice, tranzistorji in na sploh vsi elementi.

1. 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).

2. 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 1.

C. Tok i_2 je emitorski tok, kar pomeni, da je enak vsoti kolektorskega in baznega toka. Ker je kolektorski tok β -krat (natančneje $(\beta+1)$ -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 .

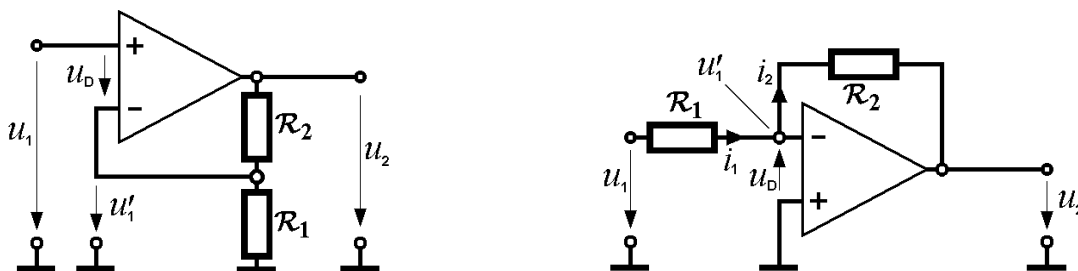
Pri tem je napetost $u_2 \approx u_1$, oziroma natančneje $u_2 \approx u_1 - 0,6 \text{ V}$.

3. Katere lastnosti ima idealen operacijski ojačevalnik (naštejte vsaj pet lastnosti)?

- A. Neskončno protifazno ojačenje.
- B. Sofazno ojačenje je enako 0.
- C. Neskončen CMRR (sledi iz A in B, tako da to ni dodatna lastnost, če sta navedeni tudi A in B).
- D. Neskončna protifazna in sofazna vhodna notranja upornost.
- E. V vhodni sponki ne teče noben tok, vhodni sponki se obnašata kot odprte sponke. To ni ista lastnost kot pri prejšnji točki; notranja upornost je definirana kot sprememba vhodnega toka pri določeni spremembi vhodne napetosti, kar pomeni da imamo pri konstantnem vhodnem toku še vedno lahko neskončno notranjo upornost.
- F. Izhodna notranja upornost je 0Ω (izhod se obnaša kot idealen napetostni vir).
- G. Zgornja frekvenčna meja je neskončna.
- H. Ojačevalnik nima šuma, lezenja, temperaturne in ostalih odvisnosti.
- I. Tokovna zmogljivost izhoda je neomejena.
- J. Neskončno hitro spreminjanje izhodne napetosti (ang.: slew rate).

4. A. Skicirajte elektrometrski in invertirajoči ojačevalnik. B. Kolikšni sta napetostni ojačenji obeh vezij? C. Kolikšni sta vhodna in izhodna notranja upornost obeh vezij, če je operacijski ojačevalnik idealen? (Točk B in C ni potrebno utemeljiti.)

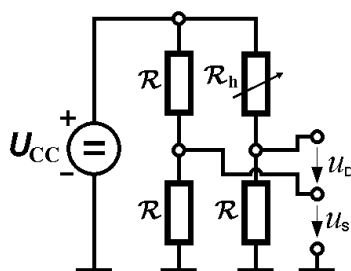
A. Skici (levo elektrometer, desno inverter):



- B. Ojačenji. Elektrometer: $A = (1+R2/R1)$, inverter: $A = (-R2/R1)$.
- C. Vhodni upornosti. Elektrometer: neskončna, inverter: $R1$.
- D. Izhodni upornosti sta v obeh primerih 0Ω .

5. Zakaj pri elektroniki senzorike potrebujemo odštevalne sisteme z velikimi CMRR (kratka razlaga na konkretnem primeru)?

Skica konkretnega primera merjenja upornosti z uporovnim mostičem (ena od možnosti).



Na izhodu uporovnega mostiča imamo veliko sofazno komponento napetosti U_s , ki znaša $U_{cc}/2$; ta napetost ne predstavlja koristnega signala. Pri spremembi upora R_h za določeno vrednost se pri skoraj nespremenjeni U_s pojavi majhna napetost U_d , ki predstavlja koristni signal. Odštevalnik mora biti sposoben reagirati samo na U_d , pri čemer napetost U_s v idealu ne sme imeti vpliva na izhod odštevalnika. To pomeni, da mora biti CMRR ekstremno velik:

$$U_{izhodna} = A_d \cdot U_d + A_s \cdot U_s = A_d \cdot U_d + (A_d / CMRR) \cdot U_s.$$

$A_s \cdot U_s$ je parazitni člen, ki je tem manjši, večji ko je CMRR, kar se vidi iz drugega zapisa.

6. A. Zakaj uporabljamo instrumentacijski ojačevalnik? B. Katere tri ključne lastnosti ima ta sklop (samo naštejte)?

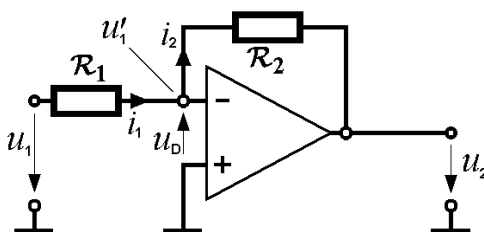
- A. Z instrumentacijskim ojačevalnikom ojačujemo relativno majhne senzorske napetosti ob prisotnosti velikih sofaznih napetosti.
- B. Relativno majhno (navadno od 1 do 1000) a precizno protifazno ojačenje, ogromen CMRR (tipično od 80 dB do 140 dB), ogromni protifazna in sofazna notranja upornost.

7. Zakaj so lastnosti, ki ste jih našeli pri vprašanju 6, ključne?

- A. Precizno protifazno ojačenje potrebujemo, da lahko na podlagi izhodne napetosti izračunamo vhodno napetost odštevalnika, ki je napetost senzorja, zato preko nje posredno določimo vrednost neelektrične veličine, ki jo merimo. Če je protifazno ojačenje natančno samo npr. na 1 %, ne moremo senzorja odčitavati natančneje kot na 1 %, tudi če so vse ostale stvari idealne.
- B. CMRR: preberi odgovor na vprašanje 5.
- C. Da tokovi, ki tečejo v vhodni sponki instrumentacijskega ojačevalnika ne povzročajo znatnega sesedanja napetosti na Theveninovi notranji upornosti senzorja.

8. A. Kaj je virtualna masa? B. Skicirajte poljubno vezje z virtualno maso in označite, kje se le-ta nahaja. C. Razložite pomen virtualne mase za delovanje izbranega vezja.

- A. Virtualna masa označuje sponko invertirajočega vhoda operacijskega ojačevalnika, ki se nahaja na potencialu 0 V, ko je neinvertirajoči vhod vezan na maso, operacijskemu ojačevalniku pa je dodana negativna povratna zveza zaradi katere operacijski ojačevalnik teži k temu, da sta napetosti na obeh njegovih vhodih enaki; stranski produkt te težnje je virtualna masa.
- B. Skica (ena od možnosti); virtualna masa se nahaja na sponki, označeni z u'_1 :



- C. Prvi pomen: zaradi virtualne mase je desna sponka upora R_1 vezana na 0 V. Posledično je napetost na tem uporu enaka vhodni napetosti u_1 , zato je tok $i_1 = u_1/R_1$ in je premosorazmeren z vhodno napetostjo. Drugi pomen: leva sponka upora R_2 se nahaja na 0 V, zaradi česar je izhodna napetost u_2 enaka negativni vrednosti padca napetosti na R_2 . Pogosta napaka: virtualna masa NE povzroči, da sta tokova i_1 in i_2 enaka; to je posledica tokovega Kirchoffovega zakona in dejstva, da v vhodno sponko idealnega operacijskega ojačevalnika tok ne teče.

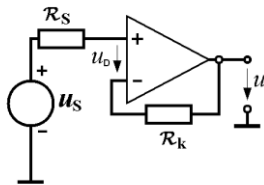
9. Kaj so: A. Vhodni mirovni tok, B. Tokovni premik in C. Napetostni premik operacijskega ojačevalnika? D. Kako napetostni premik vpliva na delovanje sledilnika?

- A. Vhodni mirovni tok je povprečna vrednost tokov, ki tečeta v oba vhoda operacijskega ojačevalnika (merjeno, ko sta vhoda vezana na maso).
- B. Tokovni premik je razlika vhodnih tokov v oba vhoda operacijskega ojačevalnika (merjeno, ko sta vhoda vezana na maso).
- C. Merilno-tehnična definicija: napetostni premik je tista diferenčna napetost, ki jo moramo vsiliti med vhoda operacijskega ojačevalnika (pri sofazni napetosti 0 V), da dobimo na izhodu operacijskega ojačevalnika 0 V.

Definicija za razumevanje vpliva na delovanje vezij: napetostni premik je tista diferenčna napetost pri kateri se operacijski ojačevalnik obnaša, kot da je med vhoda vsiljena napetost 0 V.

- D. Izhodna napetost sledilnika se razlikuje od vhodne za vrednost napetostnega premika (če je vse ostalo idealno). To se vidi iz dejstva, da je izhod operacijskega ojačevalnika povezan na invertirajoči vhod, operacijski ojačevalnik pa teži k temu, da je med njegovima vodomoma napetostna razlika, ki je enaka napetostnemu premiku.

10. A. Kakšno vlogo ima upor R_k na spodnji sliki? B. Kakšna je optimalna vrednost upornosti R_k ? C. Razložite, kako upor R_k opravi svojo vlogo. D. Katera lastnost operacijskega ojačevalnika manjša pozitivni učinek upora R_k ?



- A. Upor R_k kompenzira vpliv vhodnega mirovnega toka operacijskega ojačevalnika.
- B. $R_k = R_s$. Bistvo je, da oba vhoda operacijskega ojačevalnika čutita isto impedanco.
- C. Tok ki teče v neinvertirajoči vhod, povzroča padec napetosti na notranji upornosti senzorja R_s , zaradi česar pride na vhod sledilnika nekoliko spremenjena napetost: $U_+ = U_s - R_s \cdot I_{b0}$. Napaka je torej v tem, da se brez upora R_k izhodna napetost sledilnika razlikuje od napetosti U_s za padec $R_s \cdot I_{b0}$. Če v invertirajoči vhod teče isti tok I_{b1} , le-ta povzroči isti padec na upornosti R_k , pri čemer je pozitivna desna sponka upora R_k . To pomeni, da je napetost $U_2 = U_s - R_s \cdot I_{b0} + R_k \cdot I_{b1}$. Če velja $R_s = R_k$ in $I_{b0} = I_{b1}$, je napetost $U_2 = U_s$.
- D. Tokovni premik, zaradi katerega nista oba vhodna tokova enaka.