

Dozvoljeno je korišćenje samo pribora za pisanje i neprogramabilnog kalkulatora. Nije dozvoljeno napuštanje ispita tokom prvog sata. Nije dozvoljeno iznošenje zadatka do kraja ispita. Svaki zadatak početi na novoj strani. Napraviti razmak između tačaka i jasno označiti svaku tačku zadatka. Na naslovnoj strani vežbanke upisati odsek i šta student polaže. Za zadatak koji nije rađen u odgovarajući kvadratić na naslovnoj strani upisati X. Integralni ispit: zadaci 1-8, 180 minuta. Samo popravni kolokvijum ili samo završni ispit: 120 minuta. Popravni kolokvijum i završni ispit: prvih 120 minuta kolokvijum, drugih 60 minuta završni ispit (završni ispit raditi u posebnoj vežbanki). Za prolaz na integralnom ispitu je potreban 51 poen uz uslov da se na zadacima označenim sa * dobije više od 10 poena. Za prolaz na kolokvijumu potrebno je više od 20 poena uz uslov da se na zadacima označenim sa * dobije više od 4 poena. Završni ispit se smatra položenim ako student ima ukupno sa položenim kolokvijumom 51 i više poena i ako na pitanjima na završnom ispitu ima više od 6 poena.

1. * (6 poena) a) (3p) Grafički i analitički predstaviti statičku strujno-naponsku karakteristiku diode koja se aproksimira izlomljeno linearnim modelom. Nacrtati ekvivalentno kolo (model) navedene diode.
- b) (3p) Nacrtati električnu šemu polutalasnog (jednostranog) usmerača. Izvesti izraz za srednju vrednost napona na izlazu posmatranog usmerača ako se pretpostavi da je dioda idealna i da ima napon provođenja $V_D=0$.

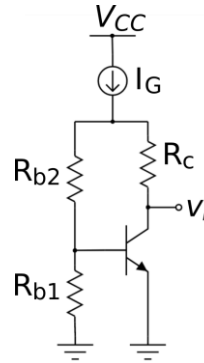
2.* (6 poena) a) (2 p) Nacrtati poprečni presek i oblik kanala NMOS tranzistora sa indukovanim kanalom, pod uslovom da je $V_{GS} > V_t$ i $V_{DS} = V_{GS} - V_t$.

b) (2 p) Grafički predstaviti izlaznu strujno-naponsku karakteristiku NMOS tranzistora.

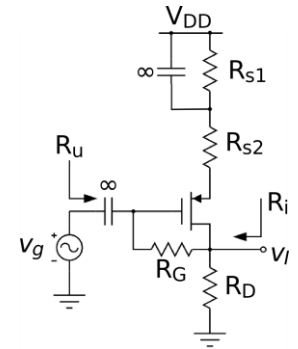
c) (2 p) Nacrtati model NMOS tranzistora za male signale i izvesti izraze za parametre tog modela.

3. (14 poena) U kolu sa slike 3 koristi se bipolarni tranzistor koji ima: $\beta = \infty$, $V_{BE} = V_{BET} = V_{BES} = 0.7 \text{ V}$ i $V_{CES} = 0.2 \text{ V}$. Poznato je: $R_{B1} = 700\Omega$, $R_{B2} = 2\text{k}\Omega$, $R_C = 2 \text{ k}\Omega$, $V_{CC}=9\text{V}$. Odrediti napon na izlazu V_I i pokazati u kom režimu radi tranzistor ako je:

- a) (5 p) $I_G = 5 \text{ mA}$.
- b) (5 p) $I_G = 1.5 \text{ mA}$.
- c) (4 p) $I_G = 0.5 \text{ mA}$.



Slika 3.



Slika 4.

4. (14 poena)

Na slici 4 prikazan je pojačavač sa MOSFET tranzistorom u konfiguraciji sa zajedničkim sorsom. Poznato je: $V_{DD}=10 \text{ V}$, $R_{S1}=1.8 \text{ k}\Omega$, $R_{S2}=200 \Omega$, $R_D=2 \text{ k}\Omega$, $R_G=20 \text{ k}\Omega$, $k_p=4 \text{ mA/V}^2$, $V_t=-1 \text{ V}$.

- a) (4 p) Izračunati struju tranzistora I_D u mirnoj radnoj tački.
- b) (10 p) Nacrtati ekvivalentnu šemu pojačavača sa slike 4 za male signale, izvesti izraze za naponsko pojačanje, ulaznu otpornost i izlaznu otpornost i izračunati vrednosti ovih parametara pojačavača.

5.* (10 poena) a) (7 p) Nacrtati šemu pojačavača sa povratnom spregom. Izvesti izraz za pojačanje A_r ovog pojačavača. Pretpostaviti da je pojačanje otvorenog kola A , a da je funkcija prenosa kola povratne sprega β . Navesti uslove koji bi trebalo da budu ispunjeni da bi povratna sprega bila pozitivna, odnosno negativna.

b) (3 p) Navesti uslov koji bi trebalo da je ispunjen da bi u kolu postojala jaka negativna povratna sprega i napisati izraz za pojačanje A_r ako je taj uslov ispunjen.

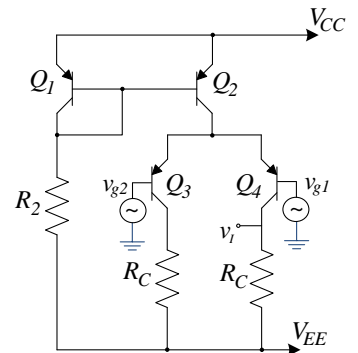
6.* (10 poena) a) (2 p) Nacrtati šemu stabilizatora napona sa Zener diodom i otpornikom.

b) (4 p) Nacrtati šemu stabilizatora napona sa Zener diodom i rednim NPN tranzistorom.

c) (4 p) Izračunati maksimalnu izlaznu struju stabilizatora u funkciji ulaznog napona V_{IN} , strujnog pojačanja tranzistora β , napona Zener diode V_Z i otpornosti R_Z koja napaja Zener diodu i bazu tranzistora.

7. (20 poena) Na slici 7 je data šema diferencijalnog pojačavača sa bipolarnim tranzistorima identičnih karakteristika. Poznato je: $V_{CC} = -V_{EE} = 10 \text{ V}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$, $|V_{BE}| = 0.7 \text{ V}$, $\beta = 100$, $r_i = \infty$, $V_T = 25 \text{ mV}$.

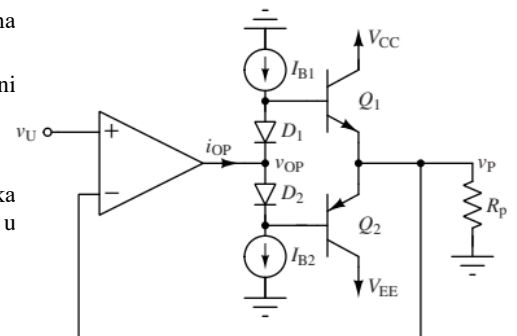
- a) (5 p) Odrediti vrednost otpornosti R_2 , tako struja emitera tranzistora Q_3 i Q_4 iznosi 1 mA .
- b) (5 p) Predstaviti pojačavač ekvivalentom polovinom kola za male signale pri diferencijalnoj pobudi i izvesti izraz za diferencijalno pojačanje $A_d = v_i/v_d$ ($v_d = v_{g1} - v_{g2}$).
- c) (6 p) Predstaviti pojačavač ekvivalentom polovinom kola za male signale pri pobudi signalom srednje vrednosti i izvesti izraz za pojačanje signala srednje vrednosti $A_s = v_i/v_s$ ($v_s = v_{g1} = v_{g2}$).
- d) (4 p) Izračunati vrednosti diferencijalnog pojačanja i pojačanja signala srednje vrednosti kod pojačavača sa slike.



Slika 7.

8. (20 poena) Na slici 8 je prikazan pojačavač snage sa negativnom povratnom spregom realizovan pomoću komplementarnog para bipolarnih tranzistora. Poznato je $V_{CC} = -V_{EE} = 10 \text{ V}$, $I_{B1} = I_{B2} = 150 \text{ mA}$, $R_p = 1 \Omega$, $V_{CES1} = V_{CES2} = 0.5 \text{ V}$, $V_{D1} = V_{D2} = 0.6 \text{ V}$, $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7 \text{ V}$, $V_{A1} = V_{A2} \rightarrow \infty$, $\beta_1 = \beta_2 \rightarrow \infty$. Izlazna struja operacionog pojačavača ograničena je na $|i_{OP}|_{\max} = 100 \text{ mA}$.

- a) (8 p) Odrediti i nacrtati statičku prenosnu karakteristiku pojačavača $v_P = v_P(v_U)$, za ulazni napon u opsegu $V_{EE} \leq v_U \leq V_{CC}$.
- b) (4 p) Za prostoperiodičan ulazni napon dat izrazom $v_U(t) = 0.1 \text{ V} \sin(\omega t)$ skicirati napone $v_{OP}(t)$ i $v_P(t)$ na jednoj periodi ulaznog napona.
- c) (4 p) Ukoliko se pojačavač pobudi prostoperiodičnim naponom oblika $v_U(t) = V_u \sin(\omega t)$ skicirati koeficijent korisnog dejstva pojačavača $\eta = P_P/(P_{CC} + P_{EE})$, u funkciji amplitude ulaznog napona u opsegu $0 \leq V_u \leq V_{CC} - V_{CES1}$.
- d) (4 p) Ukoliko se tranzistori zamene za tranzistore sa istim karakteristikama osim što je $\beta_1 = \beta_2 = 99$, izračunati minimalno potrebno $I_B = I_{B1} = I_{B2}$.



Slika 8.