

U ovom threadu ću pokušati objasniti kako sigurno i u samo nekoliko koraka **točno** riješiti zadatak iz MOSFET sklopova i time pokupiti 5 dragocjenih bodova na 2. MI iz Elektronike 1.

Sadržaj:

- 1) Spojevi pojačala
- 2) Određivanje statičke radne točke (I_{DQ} , U_{GSQ} , U_{DSQ})
- 3) Određivanje dinamičkih parametara (g_m , g_d , r_d , μ)
- 4) Određivanje parametara tranzistora (A_v , R_{ul} , R_{iz})
- 5) Par napomena za kraj

1) SPOJEVI POJAČALA

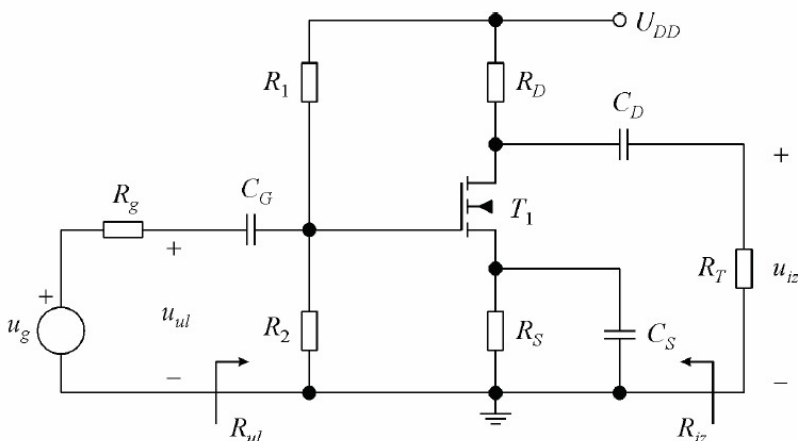
1.1) Pojačalo u spoju zajedničkog uvoda:

1.1.1) Kako prepoznati pojačalo u spoju zajedničkog uvoda?

Jednostavno, pogledati shemu i vidjeti da pri dinamičkoj analizi (svi kondenzatori kratko spojeni) kondenzator C_S spaja priključnicu uvoda na masu. Drugi način je pogledati na što su spojeni ulaz i izlaz pojačala. U ovom slučaju ulaz je spojen na upravljačku elektrodu, izlaz na odvod te im je zajednički priključak uvod.

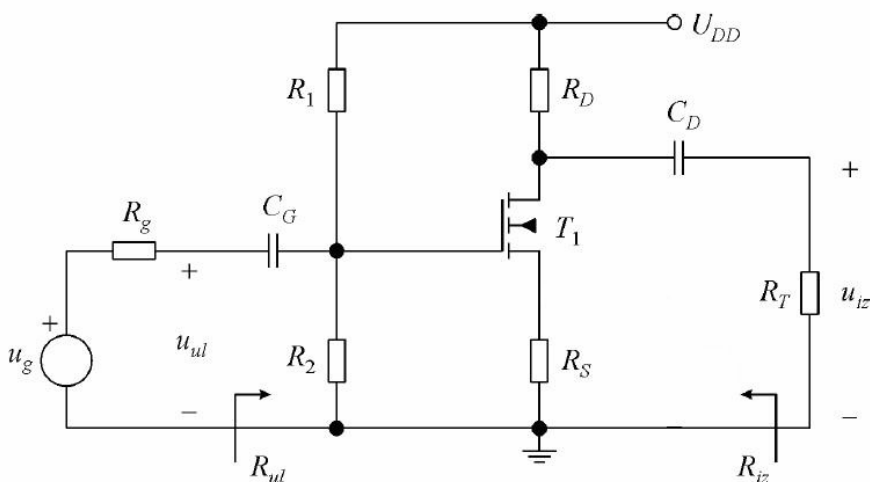
1.1.2) Pojačalo u spoju zajedničkog uvoda (bez R_S)

Pod pojmom bez R_S -a se ne misli da se otpornik R_S ne nalazi u shemi nego da ga pri dinamičkoj analizi kondenzator C_S prespaja, te se svi proračuni za A_v , R_{ul} i R_{iz} rade kao da tog otpornika ni nema u shemi



1.1.3) Pojačalo u spoju zajedničkog uvoda (sa R_S)

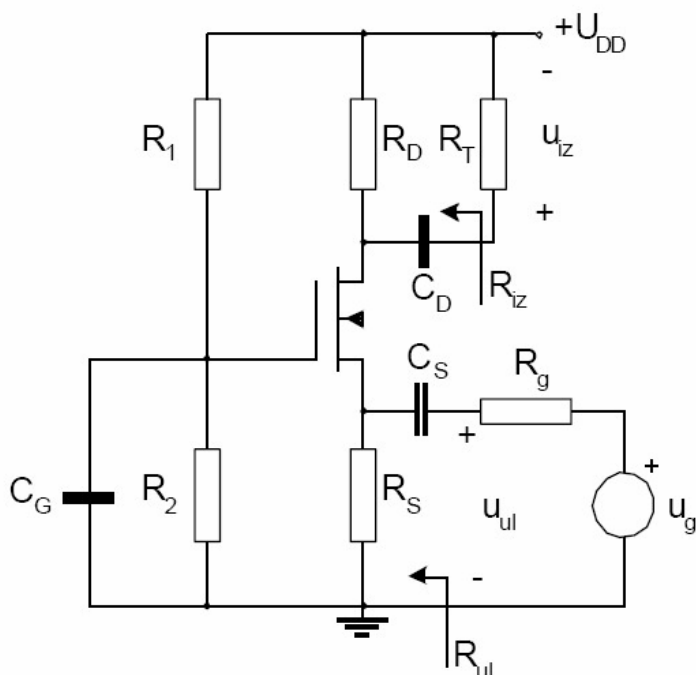
U ovom spoju nema kondenzatora C_S te je uvod preko R_S -a spojen na masu.



1.2) Pojačalo u spoju zajedničke upravljačke elektrode:

1.2.1) Kako prepoznati pojačalo u spoju zajedničke upravljačke elektrode?

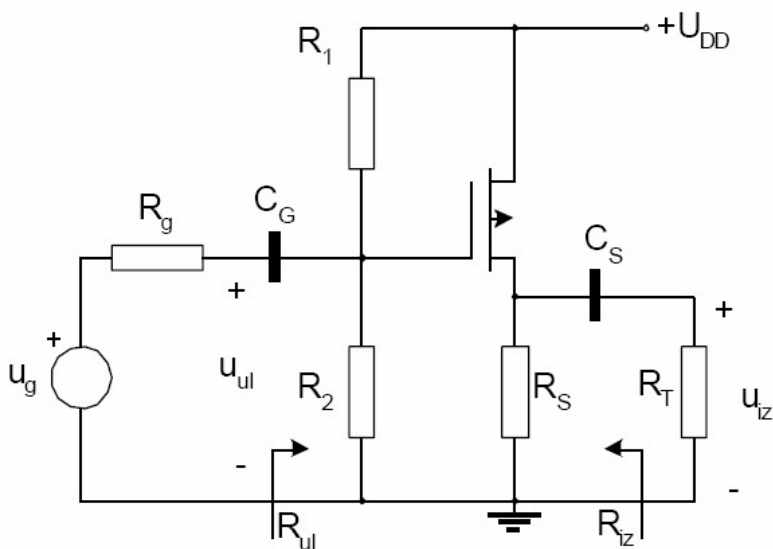
Jednostavno, pogledati shemu i vidjeti da pri dinamičkoj analizi (svi kondenzatori kratko spojeni) kondenzator C_g spaja priključnicu upravljačke elektrode na masu. Drugi način je pogledati na što su spojeni ulaz i izlaz pojačala. U ovom slučaju ulaz je spojen na uvod, izlaz na odvod te im je zajednički priključak upravljačka elektroda.



1.3) Pojačalo u spoju zajedničkog odvoda:

1.3.1) Kako prepoznati pojačalo u spoju zajedničke upravljačke elektrode?

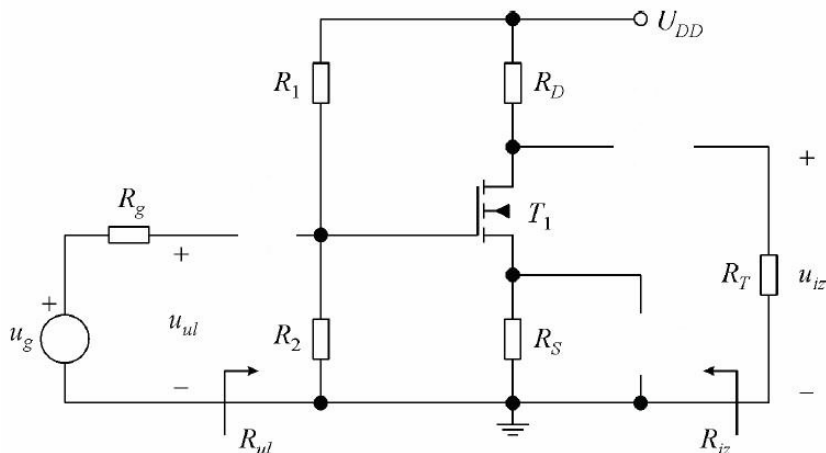
Jednostavno, pogledati shemu i vidjeti da je pri dinamičkoj analizi (svi kondenzatori kratko spojeni, izvor U_{DD} predstavlja masu) priključnica upravljačke elektrode na masi. Drugi način je pogledati na što su spojeni ulaz i izlaz pojačala. U ovom slučaju ulaz je spojen na upravljačku elektrodu, izlaz na uvod te im je zajednički priključak odvod.



2) ODREĐIVANJE STATIČKE RADNE TOČKE (I_{dq} , U_{gsq} , U_{dsq})

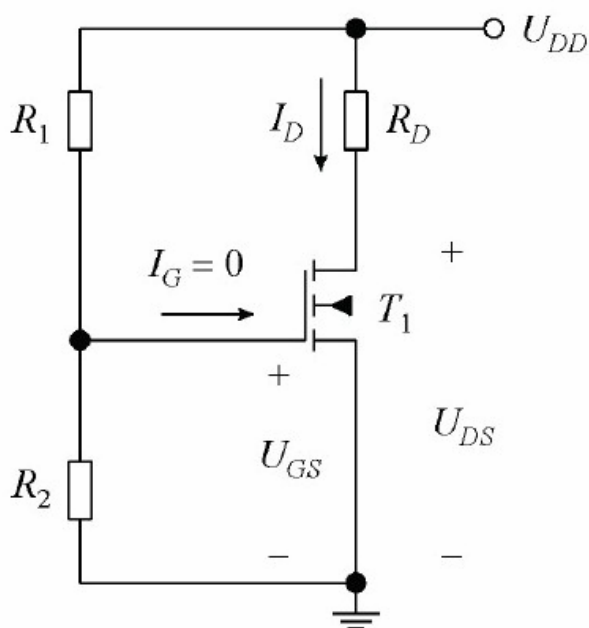
2.1) Kako iz početne sheme nacrtati shemu za određivanje SRT?

Pri statičkoj analizi kondenzatori predstavljaju beskonačno veliki otpor te se to na shemi prikazuje kao isključena sklopka. Znači sve što je iza kondenzatora se odspaja. Primjer za pojačalo sa zajedničkim uvodom:



Imamo tri slučaja ove analize, bez i sa otporom R_S i bez otpora R_D .

2.2) Određivanje statičke radne točke bez otpora R_S u shemi:



Iz sheme se vidi:

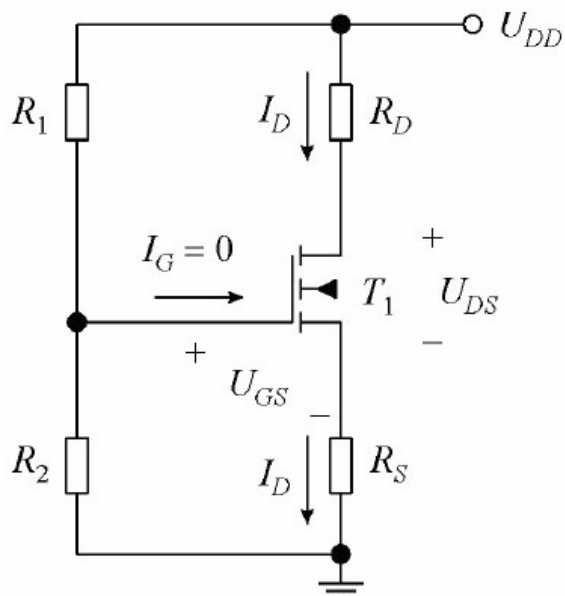
$$I_{dq} = [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

$$U_{gsq} = U_{dd} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$U_{dsq} = U_{dd} - R_d * I_{dq}$$

I to je to.

2.3) Određivanje statičke radne točke uz otpor R_s u shemi:



Iz sheme se vidi:

$$U_{gg} = U_{dd} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$I_{dq} = (U_{gg} - U_{gsq}) / R_s$$

$$I_{dq} = [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

Izjednačimo ove dvije jednačbe i dobimo slijedeći izraz:

$$U_{gsq}^2 + 2 * (1/(K * R_s) - U_{gs0}) * U_{gsq} + U_{gs0}^2 - 2 * U_{gg} / (K * R_s) = 0$$

Kvadratna jednačba čija su rješenja U_{gsq1} i U_{gsq2} .

Naravno, samo jedno rješenje nas zadovoljava:

a) kod NMOS-a mora biti $U_{gsq} > U_{gs0}$

b) kod PMOS-a mora biti $U_{gsq} < U_{gs0}$

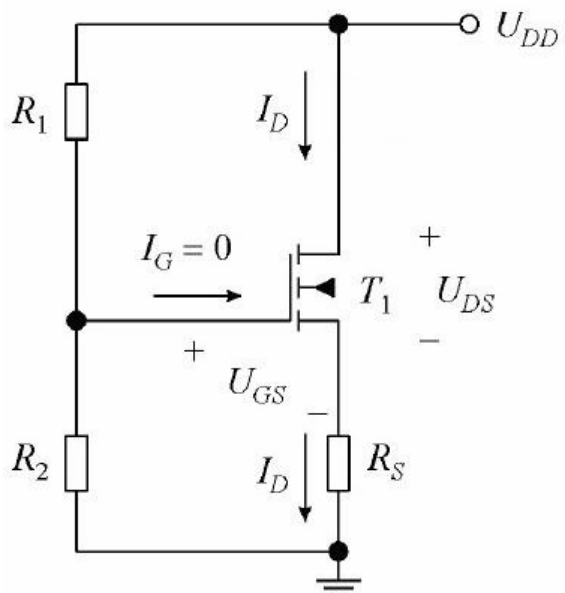
Kada smo izračunali U_{gsq} prelazimo na I_{dq} :

$$I_{dq} = [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

I na kraju na U_{dsq} :

$$U_{dsq} = U_{dd} - I_{dq} * (R_d + R_s)$$

2.4) Određivanje statičke radne točke bez otpora R_d u shemi:



Iz sheme se vidi:

$$U_{gg} = U_{dd} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$I_{dq} = (U_{gg} - U_{gsq}) / R_s$$

$$I_{dq} = [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

Izjednačimo ove dvije jednačbe i dobimo slijedeći izraz:

$$U_{gsq}^2 + 2 * (1/(K * R_s) - U_{gs0}) * U_{gsq} + U_{gs0}^2 - 2 * U_{gg} / (K * R_s) = 0$$

Kvadratna jednačba čija su rješenja U_{gsq1} i U_{gsq2} .

Naravno, samo jedno rješenje nas zadovoljava:

a) kod NMOS-a mora biti $U_{gsq} > U_{gs0}$

b) kod PMOS-a mora biti $U_{gsq} < U_{gs0}$

Kada smo izračunali U_{gsq} prelazimo na I_{dq} :

$$I_{dq} = [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

I na kraju na U_{dsq} :

$$U_{dsq} = U_{dd} - I_{dq} * R_s$$

Sada prelazimo na dinamičke parametre!!!

3) ODREĐIVANJE DINAMIČKIH PARAMETARA (g_m , g_d , r_d , μ):

Pošto tranzistor radi kao pojačalo samo kada je u zasićenju onda dinamičke parametre računamo prema struji

$$I_d = (1 + \lambda U_{ds}) * [K * (U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2:$$

$$g_m = \partial I_d / \partial U_{gs} = (1 + \lambda U_{ds}) * K * (U_{gsq} - U_{gs0})$$

$$g_d = \partial I_d / \partial U_{ds} = K * \lambda * [(U_{gsq} - U_{gs0})^2] / 2$$

$$r_d = 1 / g_d$$

$$\mu = g_m * r_d$$

4) ODREĐIVANJE PARAMETARA TRANZISTORA (A_v , R_{ul} , R_{iz}):

4.1) Određivanje parametara tranzistora u spoju zajedničkog uvida:

4.1.1) Bez otpora R_s

$$A_v = -g_m * (r_d \parallel R_d \parallel R_t)$$

$$R_{ul} = R_1 \parallel R_2$$

$$R_{iz} = r_d \parallel R_d$$

4.1.2) Uz otpor R_s

$$A_v = -g_m * [(R_d \parallel R_t) / (1 + g_m * R_s)]$$

$$R_{ul} = R_1 \parallel R_2$$

$$R_{iz} = R_d \parallel [(1 + \mu) * R_s + r_d]$$

4.2) Određivanje parametara tranzistora u spoju zajedničke upravljačke elektrode:

$$A_v = g_m * (r_d \parallel R_d \parallel R_t)$$

$$R_{ul} = R_s \parallel (1 / g_m)$$

$$R_{iz} = R_d \parallel [r_d + (1 + \mu) * (R_s \parallel R_g)]$$

4.3) Određivanje parametara tranzistora u spoju zajedničkog odvoda:

$$A_v = [g_m * (r_d \parallel R_s \parallel R_t)] / [1 + g_m * (r_d \parallel R_s \parallel R_t)]$$

$$R_{ul} = R_1 \parallel R_2$$

$$R_{iz} = R_s \parallel (1 / g_m)$$

5) PAR NAPOMENA ZA KRAJ:

5.1) Kako na kraju rješavati zadatke iz MOSFET sklopova?

E pa ovako. Idemo po koracima:

- 1) Na ispitu ćete dobiti shemu. Prvo odredite u kojem se zajedničkom spoju nalazi pojačalo - 10 sekundi
- 2) Odrediti statičku radnu točku (nije potrebno pamtiti sve one napisane formule, lako se "očitaju" sa same sheme) - 5 minuta
- 3) Odrediti dinamičke parametre (isto nije potrebno pamtiti formule, lako se parcijalno derivira struja I_d u zasićenju čija se formula nalazi u službenom šalabahteru) - 2 minute
- 4) Odrediti parametre pojačala (potrebno je zapamtiti formule). Imamo četiri različita slučaja, ukupno 12 formula koje se ponavljaju u nekim slučajevima (npr. A_v za spoj zajedničko uvida bez otpora R_s i zajedničke elektrode je isti, samo je predznak različit) - 3 minute

Znači, ukupno vrijeme potrebno za riješiti ovaj zadatak iznosi cca. 10 minuta. Za 5 bodova i malo učenja napamet ne čini se tako loše, zar ne?

5.2) Joj to mi je sve previše nekako. Ima li koji lakši način?

Nema.

5.3) Citat sa službenog FER-ovog foruma:

"To je na vama da odlučite - što vam više odgovara. Ako znate formule napamet ne možemo vam to uzeti za zlo. Normalno bi bilo da formule izvodite. Sve što trebate znati je nadomjestiti tranzistor u zadanoj radnoj točki nadomjesnim sklopom. Nakon toga imate linearnu mrežu koju je jednostavno riješiti. Jednadžbe petlji i čvorova radili ste na OE - tu samo treba primijeniti postojeća znanja. Vjerojatno je studentima koji su došli iz tehničke škole to puno lakše jer su to već radili. Međutim, ako proradite dovoljno zadataka sigurno ćete to svladati."

E sad ovako. Moje je mišljenje da je premalo vremena na ispitu da bi još i formule izvodili. Smatram, pošto su se i u zadaći pojavili zadaci sa shemama identičnim ovima, da nam neće u ispitu uvaliti još neki otpor negdje pa da ove formule više neće vrijediti te da ćemo ih morati SVI nanovo izvoditi. No, kome se ove formule i ne pamte ili je siguran da će nas zaje**** na ispitu ima pdf sa riješenih par zadataka iz sklopova di su postavljeni izvodi formula za A_v , R_{ul} i R_{iz} pa neka si to malo pogleda.

5.4) Još malo pa gotovo!

Savjetujem da si za vježbu uzmete zadatak koji ste imali u zadaći te ga probate riješiti samo uz pomoć ovog tutoriala. Vidjet ćete da to i nije neki problem.

Pazite u ispitu na mjerne jedinice (pogotovo cm \leftrightarrow m). Preporučam pretvorbu svega u zadatku u centimetre, pa u krajnjem rezultatu vraćanje u metre (ako se rezultat traži u metrima).

Još jednom podsjećam da **pojačanje i otpori tranzistora ne ovise o tipu MOSFET-a**.

Sretno svima na ispitu!!!