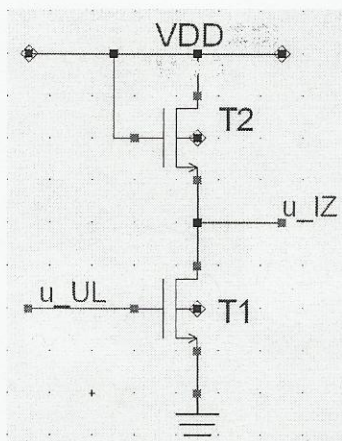


## Kolegij: Analogni i analogno-digitalni integrirani sklopovi

### 1. međuispit

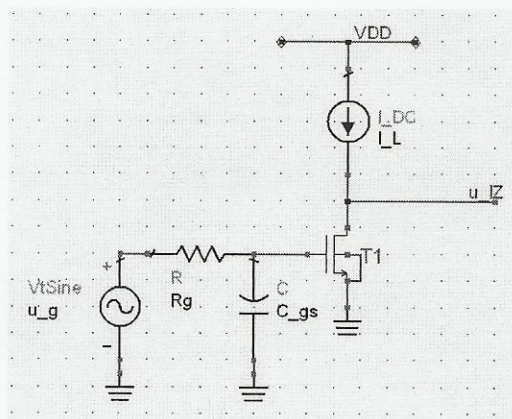
12.10.2010.

1. Nacrtati tehnološki prsjek PMOS tranzistora realiziranog na Si pločici s  $p$  podlogom. (1 bod)
2. Projektirati jednostavno pojačalo s jednim NMOS tranzistorom uz sljedeće uvjete:
  - a. Osigurati da uz struju  $I_D = 20 \mu\text{A}$  izlazni dinamički otpor tranzistora bude  $200 \text{ k}\Omega$ . Uz uvjet da tranzistor ne mora raditi na vrlo visokim frekvencijama pretpostaviti prikladnu vrijednost napona  $U_{GS}$  i odrediti  $W$  i  $L$ . U slučaju da je potrebno koristiti napon  $U_{DS}$ , može se pretpostaviti da se napon  $U_{DS}$  nalazi na rubu između triodnog područja i područja zasićenja.
  - b. Odrediti strminu tranzistora  $g_m$  i naponsko pojačanje tranzistora ako radi u spoju zajedničkog uvida uz pretpostavku da je na odvod priključen otpor koji je u dinamici po iznosu jednak izlaznom otporu tranzistora. Prije proračuna nacrtati električnu shemu sklopa i nadomjesni sklop za dinamiku. Naponsko pojačanje prije svega izračunati simbolički, a zatim numerički. (5 bodova)
3. Nacrtati NMOS tranzistor u 'diodnom' spoju uz uvid spojen na masu. Nacrtati nadomjesni dinamički sklop i izračunati njegov izlazni dinamički otpor gledajući sa stezaljke odvoda. (2 boda)
4. Za sklop na slici 1 izvesti naponsko pojačanje tranzistora  $A_V = u_{iz}/u_{ul}$  uz pretpostavku da je za tipične dimenzije tranzistora izlazni otpor  $r_d \gg 1/g_m$ . Naponsko pojačanje izraziti preko geometrijskih parametara tranzistora. Kako se osigurava da tranzistor T1 bude u zasićenju, a kako se osigurava zasićenje za T2? (3 boda)



Slika 1. Sklop pojačala realiziran s NMOS tranzistorima.

5. Izračunati pojačanje  $u_{iz}/u_g$  na niskim frekvencijama, širinu pojasa i umnožak pojačanje-širina pojasa GBW za sklop na slici 2. Radi jednostavnosti pretpostaviti da je dinamički otpor strujnog izvora  $I_L$  jednak dinamičkom izlaznom otporu tranzistora  $T_1$ . Nacrtati amplitudnu i faznu karakteristiku pojačanja u Bodeovom dijagramu. (5 bodova)



Slika 1. Sklop pojačala.

6. Kada komplementarni par tranzistora NMOS/PMOS radi kao pojačalo, kako se osiguravaju iste struje tranzistora, a kako isti dinamički izlazni otpori tranzistora? (1 bod)
7. Nacrtati osnovni oblik spoja zajedničke upravljačke elektrode. Na ulazu ovog pojačala spojen je naponski generator u seriju s unutarnjim otporom generatora  $R_g$ . Izlaz je opterećen otpornikom  $R_L$  spojenim na napajanje  $U_{DD}$  (pretpostaviti da je  $R_L = r_d$  MOS tranzistora). Nacrtati nadomjesni sklop za dinamiku i izvesti naponsko pojačanje  $u_{iz}/u_{gs}$  i ulazni otpor gledajući od uvida prema izlazu. (3 boda)

Fizikalni parametri i konstante:

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$$

$$\epsilon'_{Si} = 11,7$$

$$\epsilon'_{ox} = 3,9$$

$$\epsilon_{Si} = 1,036 \text{ pF/cm}$$

$$\epsilon_{ox} = 0,345 \text{ pf/cm}$$

$$t_{ox} = 7 \text{ nm}$$

$$L_{min} = 0,35 \text{ } \mu\text{m}$$

$$v_{sat} = 10^7 \text{ cm/s}$$

Karakteristike MOS tranzistora:

nMOS

$$U_{GS0n} = 0,55 \text{ V}$$

$$K'_n = 60 \text{ } \mu\text{A/V}^2$$

$$1/\lambda = v_{En} \cdot L$$

$$v_{En} = 4 \text{ V/}\mu\text{m}$$

pMOS

$$U_{GS0p} = -0,55 \text{ V}$$

$$K'_p = -20 \text{ } \mu\text{A/V}^2$$

$$1/\lambda = v_{Ep} \cdot L$$

$$v_{Ep} = 2 \text{ V/}\mu\text{m}$$

$$C_{ox} = \epsilon_{ox}/t_{ox} = 4,93 \text{ fF/}\mu\text{m}^2$$

$$g_{m,sat} = WC_{ox} v_{sat}$$

$$I_D = K'_{n,p}(W/L) \cdot (U_{GS} - U_{GS0})^2 (1 + \lambda \cdot U_{DS})$$

$$C_{gs} = (2/3)WLC_{ox}$$

$$f_T = g_m / (2\pi C_{gs})$$