11.04.2017

ELEKTRONİK II
UYGULAMA

1

1) Şekildeki devrede $V_{DD} = 3V$, $V_{tn} = 0{,}7V$, $\mu_n C_{ox} = 135\ \mu A/V^2$

$\lambda = 0{,}1 V^{-1}$, $(W/L)_1 = 50/0.5$, $(W/L)_2 = 10/0.5$,

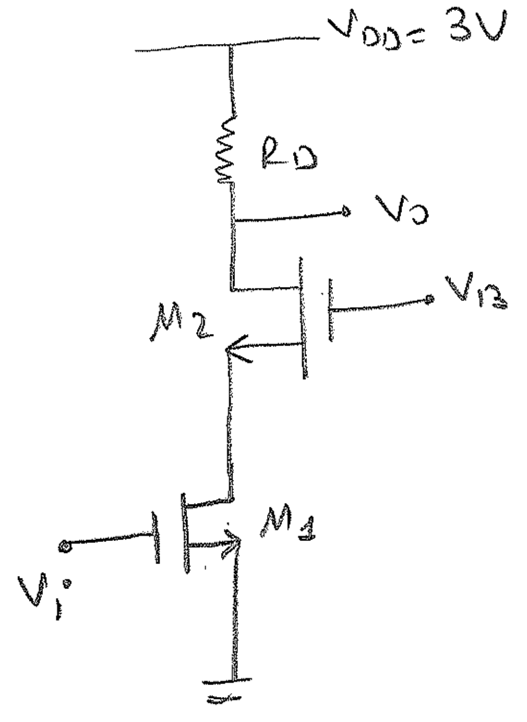
$I_D = 0{,}5mA$, $R_D = 1k\Omega$ olarak verilmektedir.

Gövde etkisi ihmal edilecektir.

a) M_1 transistorunun doyma sınırında çalışmasını sağlayan V_B gerilim değerini bulunuz.

b) Devrenin V_o/V_i gerilim kazancını ve r_o çıkış direncini bulunuz.

c) Çıkış geriliminin hangi aralıkta dalgalanabileceğini hesaplayınız.



a) M_1 doyma sınırında ise

$$V_{GS1} - V_t = V_{D1}$$

$$V_{D1} = V_B - V_{GS2}$$

$$V_{GS1} - V_t = V_B - V_{GS2} \Rightarrow V_B = V_{GS1} - V_t + V_{GS2}$$

$$I_{D1} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS1} - V_t)^2$$

$$V_{GS1} - V_t = \sqrt{\frac{2 I_{D1}}{\mu_n C_{ox} (W/L)_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}5 10^{-3}}{135 10^{-6} A/V^2 \cdot \frac{50}{0.5}}}$$

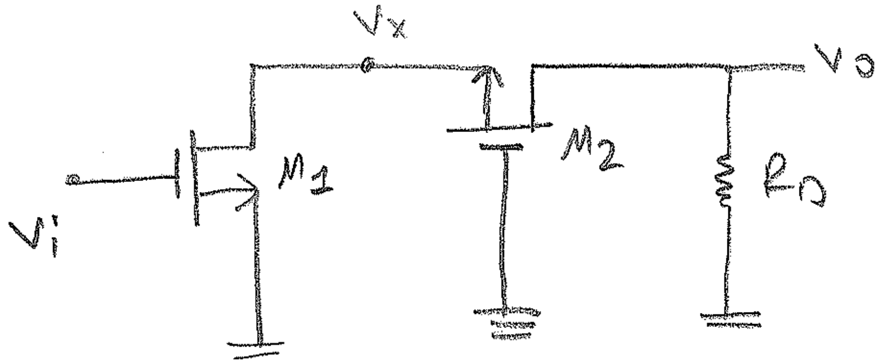
$$= 0{,}272V$$

$$V_{GS2} - V_t = \sqrt{\frac{2 \cdot I_{D2}}{\mu_n C_{ox} (W/L)_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}5 10^{-3}}{135 10^{-6} A/V^2 \cdot \frac{10}{0.5}}}$$

$$V_{GS2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}5 10^{-3}}{135 10^{-6} A/V^2 \cdot \frac{10}{0.5}}} + V_T = 1{,}31V$$

$$V_B = \underbrace{V_{GS1} - V_t}_{0{,}272V} + \underbrace{V_{GS2}}_{1{,}31V} = 1{,}582V.$$

b)



Devrenin AC eşdeğeri

$$\frac{V_o}{V_x}\cdot\frac{V_x}{V_i} = \frac{V_o}{V_i}$$

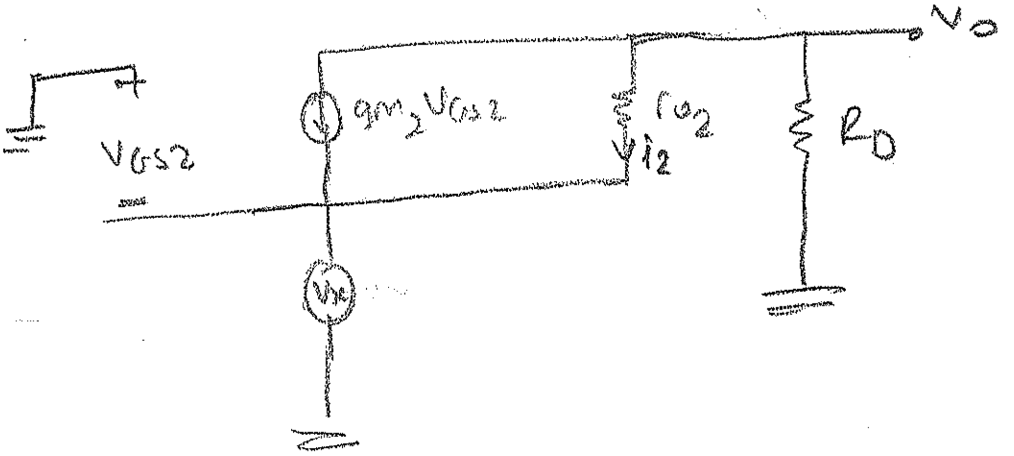
$$\frac{V_x}{V_i'} = -g_{m1}\left(r_{o1} \parallel 1/g_{m2}\right) = \frac{-g_{m1}}{g_{o1}+g_{m2}} \quad , \; g_{m2} \gg g_{o1} \text{ ise}$$

↓

Drain çıkışlı devrenin kazanç bağıntısı

$$\frac{V_x}{V_i'} \cong -\frac{g_{m1}}{g_{m2}}$$

M_2 transistorü için küçük işaret eşdeğer modeli çizersek;



$$V_o = -(i_2 + g_{m2}V_{GS2})\cdot R_D \quad , \; V_x = -V_{GS2}$$

$$i_2 = (V_o - V_x)\cdot g_{o2}$$

$$V_o = -R_D\left[(V_o - V_x)g_{o2} + g_{m2}V_{GS2}\right]$$

$$V_o = -R_D g_{o2} V_o + R_D g_{o2} V_x - g_{m2} R_D V_{GS2}$$

$$V_o(1 + R_D g_{o2}) = R_D g_{o2} V_x - g_{m2} R_D (-V_x)$$

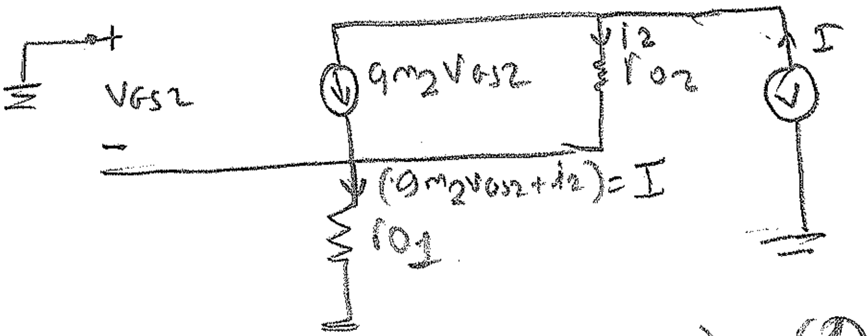
$$V_o(1 + R_D g_{o2}) = (R_D g_{o2} + g_{m2} R_D) V_x \Rightarrow \frac{V_o}{V_x} = \frac{R_D(g_{o2} + g_{m2})}{1 + R_D g_{o2}}$$

$$\frac{v_o}{v_x} = \frac{R_D\,(g_{m2}+g_{o2})}{1+R_D\cdot g_{o2}} = \frac{\cancel{R_D}\,(g_{m2}+g_{o2})}{\cancel{R_D}\,(1/R_D+g_{o2})} \cong \frac{g_{m2}}{1/R_D} = g_{m2}R_D$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_x}\cdot\frac{v_x}{v_i} \cong g_{\cancel{m2}}\cdot R_D\cdot\left(-\frac{g_{m1}}{\cancel{g_{m2}}}\right) \cong -g_{m1}\cdot R_D$$

$$\frac{v_o}{v_i} = -\overbrace{\frac{2I_{D1}}{V_{GS1}-V_t}}^{g_{m1}}\cdot R_D = -\frac{10^{-3}}{0{,}272}\cdot 10^{3} \cong \underline{\underline{-3{,}68}}$$

r_o çıkış direncinin bulunması için devrenin küçük işaret eş- değer modelini aşağıdaki gibi yeniden çizebiliriz



$$V = i_2 r_{o2} + r_{o1}(g_{m2}V_{GS2}+i_2) \quad (1)$$

$$I = g_{m2}V_{GS2} + i_2 \quad (2)$$

$$(g_{m2}V_{GS2}+i_2)\,r_{o1} = -V_{GS2} \quad (3)$$

$$g_{m2}V_{GS2}r_{o1} + i_2 r_{o1} = -V_{GS2}$$

$$i_2 = \frac{-V_{GS2} - r_{o1}g_{m2}V_{GS2}}{r_{o1}} = -\frac{V_{GS2}}{r_{o1}}(1+g_{m2}r_{o1}) \quad (4)$$

1 numaralı denklemden

$$V = gm_2 ro_1 V_{os2} + i_2 \cdot ro_1 + i_2 ro_2$$

$$V = gm_2 ro_1 V_{os2} + i_2 (ro_1 + ro_2)$$

4 numaralı bağıntı buraya yerine konursa

$$V = gm_2 ro_1 V_{os2} - \frac{V_{os2}}{ro_1}(1 + gm_2 ro_1)(ro_1 + ro_2)$$

$$V = gm_2 ro_1 V_{os2} - \frac{V_{os2}}{ro_1}\left[ro_1 + ro_2 + gm_2 ro_1^2 + gm_2 ro_1 ro_2\right]$$

$$V = gm_2 ro_1 V_{os2} - V_{os2}\left[1 + ro_2 \cdot go_1 + gm_2 ro_1 + gm_2 ro_2\right]$$

$$V = \cancel{gm_2 ro_1 V_{os2}} - V_{os2} - ro_2 go_1 V_{os2} - \cancel{gm_2 ro_1 V_{os2}} - gm_2 ro_2 V_{os2}$$

$$V = -V_{os2} - ro_2 go_1 V_{os2} - gm_2 ro_2 V_{os2}$$

$$V = -V_{os2}(1 + ro_2 go_1 + gm_2 ro_2]$$

$$V = -V_{os2}\left[1 + ro_2 \underbrace{(gm_2 + go_1)}_{\simeq gm_2}\right]$$

$$V = -V_{os2}(1 + ro_2 gm_2) \quad 5$$

2 numaralı denklemde 4 numaralı denklem yerine yazılırsa

$$I = \cancel{gm_2 V_{os2}} - \frac{V_{os2}}{ro_1} - \cancel{\frac{V_{os2} gm_2 ro_1}{ro_1}} \Rightarrow \boxed{I = -\frac{V_{os2}}{ro_1}}$$

$$\frac{V}{I} = \frac{-\cancel{V_{GS2}}(1+r_{O2}g_{m2})}{\cancel{-V_{GS2}}/r_{O1}} = r_{O1}(1+r_{O2}g_{m2})$$ ⑥

$$\frac{V}{I} = r_{O1} + r_{O1}r_{O2}g_{m2} \cong r_{O1}r_{O2}g_{m2}$$ olur.

Buradan tüm devrenin çıkış direnci

$$R_0 = g_{m2}\, r_{O1} r_{O2} // R_D$$

$$g_{m2} = \frac{2 I_{D2}}{V_{GS2}-V_t} = \frac{10^{-3}}{0,61} = 1,64m\,S$$

$$r_{O1} = r_{O2} = \frac{1}{\lambda I_{D1,2}} = \frac{1}{0,1 \cdot 0,5 10^{-3}} = 20k\Omega$$

$$R_0 = (1,64mS \cdot 20k\Omega \cdot 20k\Omega) // 10^3 = 656k\Omega // 1M\Omega$$

$$R_0 \cong 998,5k\Omega$$

c) $V_{Omin} = V_{DS1} + V_{DS2} = (V_{GS1} - V_t) + (V_{GS2} - V_t)$

$$= 0,272 + 0,61 = 0,882V$$

$$\underline{V_{max} = V_{DD} = 3V}$$