DIGITALNA TEHNIKA

(4. kolokvij)

30. 5. 2006

1. Izračunajte prevodnostne četveropolne parametre g pri krmiljenju z majhnimi počasnimi harmoničnimi signali za MOS tranzistor z induciranim N kanalom v orientaciji s skupnim izvorom ter narišite ustrezno nadomestno vezje, če je delovna točka tranzistorja v področju pod nasičenjem ($U_{DS}=0.5V$ $U_{GS}=3V$). Izračunajte tudi napetostno ojačenje A_U za majhne signale, če je na izhod tranzistorja priključeno breme R_B=10 kΩ.

k=1mA/V^2 U_T=0.8V

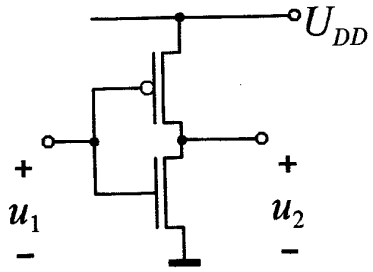
2. Določite $(W/L)_P$ PMOS tranzistorja, da bo napetost preklopa CMOS inverterja U_M na polovici napajalne napetosti U_{DD}.

U_{TP} = -0.74 V U_{TN} = 0.74 V

k_P' = 27 μA/V^2 k_N' = 80 μA/V^2

$(W/L)_N$ = 1.8/1.2

U_{DD} = 5V

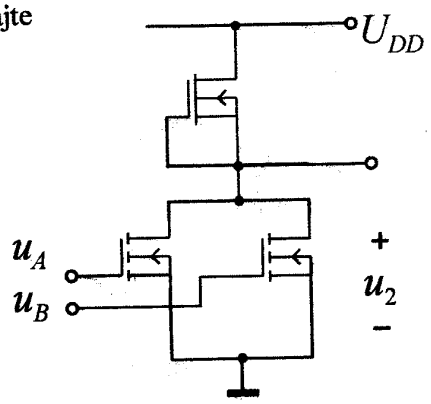


3. Za psevdo NMOS vrata določite logično funkcijo in izračunajte izhodni napetosti nizkega stanja neobremenjenih vrat.

U_{TN} = 2 V U_{TBR} = -2 V

K_N = 1 mA/V^2 K_P = 0.4 mA/V^2

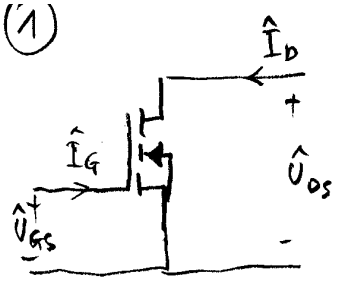
U_{DD} = 5 V



4. Narišite realizacijo logične funkcije $Y = \overline{A} \cdot B + C$ v CMOS tehnologiji. Pred realizacijo lahko funkcijo poenostavite z uporabo pravil Booleove algebre.

Čas pisanja je 60 minut. Vsaka naloga je vredna 10 točk. Na list z rešitvami se podpišite in napišite svojo vpisno številko. Rezultati bodo objavljeni na spletni strani sistema E-študent. Ustni izpit za tiste, ki boste opravili izpit s kolokviji, bo v torek 6.6.2006 v P12 ob 11.uri.

(1)



$$\hat{I}_G = g_{11}\hat{U}_{GS} + g_{12}\hat{U}_{DS}$$
$$\hat{I}_D = g_{21}\hat{U}_{GS} + g_{22}\hat{U}_{DS}$$

$\hat{I}_G = 0$ torej sta $g_{11} = g_{12} = 0$

Delovna točka pod nasičenjem

$U_{DS} = 0.5V$; $U_{GS} = 3V$ $k_N = 1mA/V^2$; $U_T = 0,8V$

$$I_D = k_N\left((U_{GS} - U_T)U_{DS} - \frac{U_{DS}^2}{2}\right)$$

$$g_{21} = \left.\frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}}\right|_{U_{DS}} = k_N \cdot U_{DS} = 1mA/V^2 \cdot 0,5V = \underline{0,5mS}$$

$$g_{22} = \left.\frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}}\right|_{U_{DS}} = k_N(U_{GS} - U_T - U_{DS}) = \underline{1,7mS}$$

$$\hat{A}_U = \frac{-g_{21}}{g_{22} + G_B} \doteq \underline{-0,28}$$

---

(2) $U_{TP} = -0,74V$

$U_{TN} = 0,74V$

$k_p' = 27\mu A/V^2$

$k_N' = 80\mu A/V^2$

$\left(W/L\right)_N = 1.8/1.2$

$U_{DD} = 5V$

Mesto preklopa CMOS inverterja U_M:
(oba T sta v nasičenju)

$$\frac{k_N}{2}(U_{GSN} - U_{TN})^2 = \frac{k_p}{2}(U_{GSp} - U_{TP})^2 \qquad U_M = U_{GSN} = U_{DD} - U_M$$

$$U_M = \frac{r(U_{DD} - |U_{TP}|) + U_{TN}}{1 + r} \; ; \; r = \sqrt{\frac{k_p}{k_N}}$$

$$(1+r)\frac{U_{DD}}{2} = r(U_{DD} - |U_{TP}|) + U_{TN}$$

$$(1+r)\cdot 2.5V = r(5 - 0,74) + 0,74 = 4.26r + 0,74$$

$$1.76 = 1.76r \Rightarrow \underline{r = 1} \rightarrow k_N = k_p$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_N \cdot k_N' = \left(\frac{W}{L}\right)_p \cdot k_p'$$

$$\left(\frac{W}{L}\right)_N \cdot \frac{k_N'}{(k_p)'} = \left(\frac{W}{L}\right)_p$$

$$\frac{1.8}{1.2} \cdot \frac{80\mu A/V^2}{27\mu A/V^2} = \underline{\frac{5.33}{1.2} = \left(\frac{W}{L}\right)_p}$$

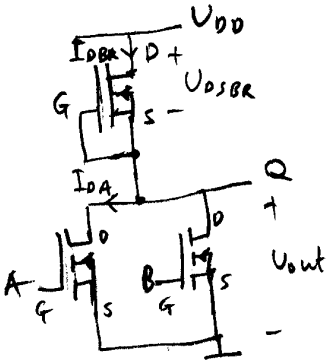
(3) $U_{TN} = 2V$

$U_{TBr} = -2V$

$k_N = 1mA/V^2$

$k_B = 0{,}4\,mA/V^2$

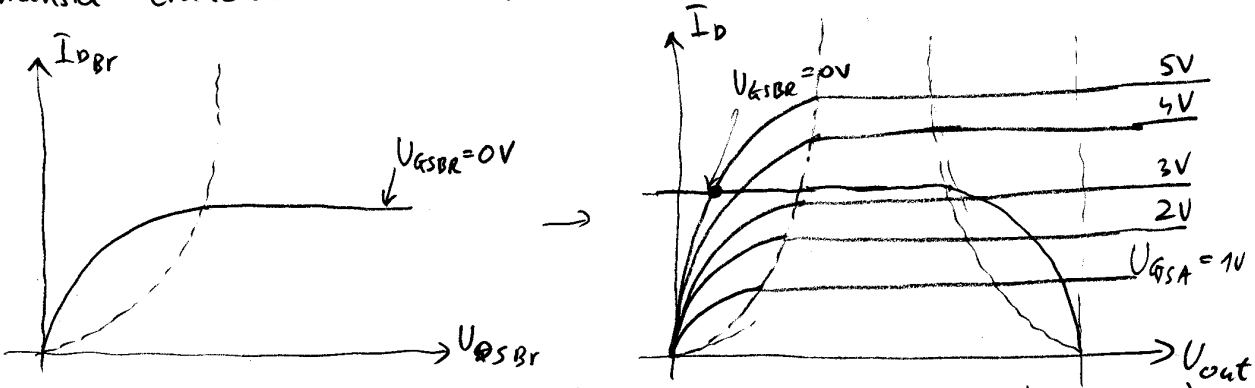
$U_{DD} = 5V$



Log. funkcija:

A	B	Q	U_{out}
0	0	1	5V
0	1	0	0,28V
1	0	0	0,28V
1	1	0	0,13V

Bremenski tranzistor NMOS vgrajen kanal, ki ima $U_{GSBR} = 0V$



(a) Recimo, da je $U_{GSA} = 5V$; $U_{GSB} = 0V$ (podobno velja za $U_{GSB} = 5V$; in $U_{GSA} = 0V$)

$$I_{DBR} = \frac{k_B}{2}\left(U_{GS_{BR}} - U_{TBR}\right)^2 = 0.4mA/V^2 \cdot \frac{4V^2}{2} = 0.8mA$$

$$I_{DBR} = I_{D_A} = k_N\left(U_{out}(U_{GSA} - U_T) - \frac{U_{out}^2}{2}\right) \rightarrow \frac{U_{out}^2}{2} - (U_{GSA} - U_T)\cdot U_{out} + \frac{I_{DA}}{k_N} = 0$$

$$\frac{U_{out}^2}{2} - (5V - 2V)\cdot U_{out} + \frac{0.8mA}{1mA/V^2} = 0 \rightarrow U_{out} = \begin{cases} 5.7V \rightarrow \text{ni logicna resitev} \\ \underline{0.28V} \end{cases}$$

(b) $U_{GSA} = U_{GSB} = 5V$. Odprta sta oba tranzistorja. Tok bremenskega tranzistorja se deli na dva enaka dela.

$$\frac{I_{DBR}}{2} = I_{DA} = I_{DB} = k_N\left(U_{out}(U_{GSA} - U_T) - \frac{U_{out}^2}{2}\right) \rightarrow \frac{U_{out}^2}{2} - 3V\,U_{out} + 0.4mA/V^2 = 0$$

$$U_{out} = \underline{0{,}13\,V}$$

---

(4) $Y = \bar{A}\cdot B + C = \overline{\bar{A}\cdot B + C} = \overline{(\bar{A}\cdot B)\cdot \bar{C}}$

