

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет Електроніки
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ
Про виконання курсової роботи
з дисципліни: «Твердотільна електроніка-3»

Варіант №50

Виконавець:

Студент 3-го курсу

(підпис)

А. С. Мнацаканов

Перевірив:

(підпис)

Л. М. Королевич

Завдання

Розрахувати геометричні розміри транзисторів

Виконання завдання

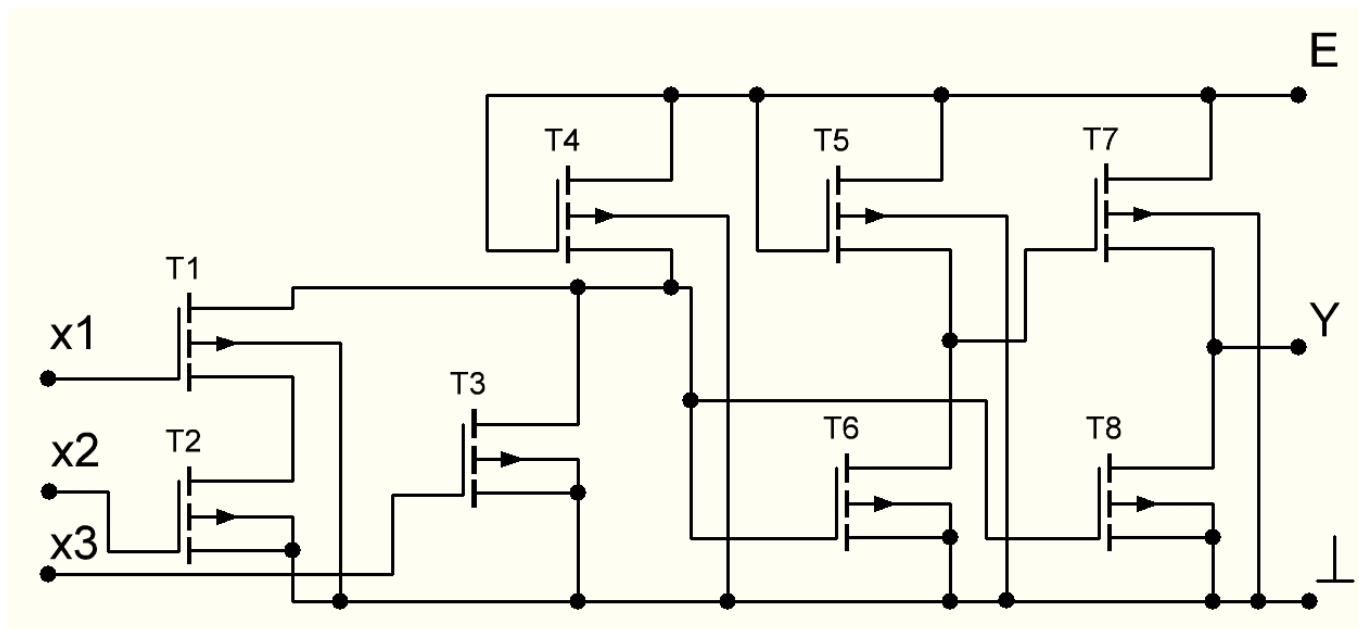


Рис. 1: Прототип схеми.

Перш за все залишу всі константи, які знадобляться:

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \frac{\Phi}{\text{см}}$$

$$\varepsilon_{ox} = 3,9$$

$$\varepsilon_S = 11,8$$

$$d_{ox} = 100 \text{ нм}$$

$$N_B = 8,3 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$$

$$U_{\text{пор.}}^0 = -5,5 \text{ В}$$

$$U_n = -12 \text{ В}$$

$$U^0 = -1,1 \text{ В}$$

$$U^1 = -10 \text{ В}$$

$$\phi_F = 0,283 \text{ В}$$

$$C_{ox} = 3,45 \cdot 10^{-8} \frac{\Phi}{\text{см}^2}$$

$$\mu_p = 225 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$$

$$t_{\text{вкл}} = 760 \text{ нс}$$

$$t_{\text{вкл}} = 100 \text{ нс}$$

$$I_{\text{load}} = 430 \text{ мкА}$$

$$C_H = 29 \text{ пФ}$$

Розгляд данної задачі починаю з першого каскаду, маю 4 транзистори, які можна поділити на дві підгрупки: верхній транзистор, який грає роль навантаження, та нижній, який керує транзистором. Оскільки маю 2 паралельно з'єднаних транзистора Т1 і Т2 об'єдную в один ТЕ, вийде, що ширина кожного буде відноситися як $W_{T_E} = \frac{W_{T_1}}{2} = \frac{W_{T_2}}{2} = W_{T_3}$. Тому, використовую відношення через струм колектора з методички і переписую для мого випадку:

$$i_C = \frac{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox}}{d_{ox}} \cdot \frac{W}{L} \cdot \left[(U_3 - U_{nop}) \cdot U_C - \frac{U_C^2}{2} \right] \Rightarrow \frac{W_E}{L_E} = \frac{i_C \cdot d_{ox}}{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox}} \cdot \frac{1}{\left[(U_3 - U_{nop}) \cdot U_C - \frac{U_C^2}{2} \right]}$$

$$U_{nop} = U_{nop}^0 + K \cdot \sqrt{2 \cdot \phi_F + U_n} - K \cdot \sqrt{2 \cdot \phi_F} = 5,76 \text{ В}$$

$$\frac{W_E}{L_E} = \frac{i_C \cdot d_{ox}}{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox}} \cdot \frac{1}{\left[(U_{вх} - U_{nop}^0) \cdot U_{вх} - \frac{U_{вх}^2}{2} \right]} = 10,17$$

Замість виходу напруга логічного нуля, а замість входу напруга логічної одиниці. Так як зразок КЕФ, всі напруги від'ємні, але для спрощення обчислень беруться абсолютні значення. Далі, треба обрати довжину каналу. Я обираю 5 мкм, аби фінальні значення не перевищували 500 мкм.

Тоді, $L_{T_E} = 5 \text{ мкм}$, $W_{T_1} = W_{T_2} = 2 \cdot W_{T_E}$ а $W_{T_3} = W_{T_E}$, де $W_{T_E} = L_{T_E} \cdot 10,17 \approx 55 \text{ мкм}$. Тоді, маємо: $W_{T_1} = W_{T_2} = 110 \text{ мкм}$, $W_{T_3} = 55 \text{ мкм}$

Тепер рахунки для навантажувального транзистора Т4. Для нього треба використовувати передавальну характеристику.

$$\frac{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox}}{2 \cdot d_{ox}} \cdot \frac{W_{T_H}}{L_{T_H}} \cdot ((U_n - U_{вх}) - U_{nop})^2 = \frac{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox}}{d_{ox}} \cdot \frac{W_{T_E}}{L_{T_E}} \cdot \left((U_{вх} - U_{nop,0}) \cdot U - \frac{U_{вх}^2}{2} \right)$$

$$\frac{W_{T_H}}{L_{T_H}} = \frac{2 \frac{W_{T_E}}{L_{T_E}} \cdot \left((U_{вх} - U_{nop,0}) \cdot U_{вх} - \frac{U_{вх}^2}{2} \right)}{((U_n - U_{вх}) - U_{nop})^2} = 4,19$$

$$K = d_{ox} \cdot \frac{\sqrt{2\varepsilon_s\varepsilon_0qN_B}}{\varepsilon_0\varepsilon_{ox}} = 0,48\sqrt{B}$$

$$U_{nop} = U_{nop}^0 + K \sqrt{2\phi_F + U_n} - K \sqrt{2\phi_F} = 5,76$$

В

Довжина канада буде однією для всіх транзисторів.

Тоді $W_{T_4} = L_{T_4} \cdot 4,19 \approx 25$ мкм.

Другий каскад такий ж, як і перший, тому можна перенести розміри з першого каскаду

$$W_{T_5} = W_{T_4} = 25 \text{ мкм}$$

$$W_{T_6} = W_{T_E} = 55 \text{ мкм}$$

Третій каскад рахую по динамічним характеристикам. Верхній рахую по часу вимикання, а нижній по часу вмикання.

$$U_{max} = U_{вих} - U_{nop}^0 - K \cdot \sqrt{U_{вих} - U_{nop}^0} = 4,37 \text{ В}$$

$$\bar{U}_{nop} = U_{nop}^0 + K \cdot \sqrt{2 \cdot \phi_F + \frac{1}{2} \cdot (U_{max} - U_{исх})} - K \cdot \sqrt{\phi_F} = 5,85 \text{ В}$$

$$t_{\text{викл}} = \frac{2 \cdot C_H \cdot d_{ox} \cdot L_{T_7}}{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} \cdot W_{T_7}} \cdot \frac{U_{max} - U_{исх}}{(U_{вих} - \bar{U}_{пор} - U_{max}) \cdot (U_{вих} - \bar{U}_{пор} - U_{исх})} \Rightarrow$$

$$\frac{W_{T_7}}{L_{T_7}} = \frac{2 \cdot C_H \cdot d_{ox}}{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} \cdot \mu} \cdot \frac{U_{max} - U_{исх}}{(U_{вих} - \bar{U}_{пор} - U_{max}) \cdot (U_{вих} - \bar{U}_{пор} - U_{исх})} = 10,2,$$

$$\text{де } U_{исх} = U_{вих}$$

Оскільки відношення у мене < 1 , то $W_{T_6} = L_{T_6} \cdot 10,2 = 55$ мкм.

Для нижнього транзистора, керуючого, шукаю по часу включення.

$$t_{\text{вкл}} = \frac{C_H \cdot d_{ox} \cdot L_{T_8}}{\mu \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} \cdot W_{T_8}} \cdot \frac{1}{(U_{вих} - U_{nop}^0)} \cdot \left\{ \frac{U_{max} - (U_{ех} - U_{nop}^0)}{U_{вих} - U_{nop}^0} + \frac{1}{2} \ln \left[\frac{2(U_{вих} - U_{nop}^0) - U_{осм}}{U_{осм}} \right] \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{W_{T_8}}{L_{T_8}} = 6,06 \Rightarrow W_{T_8} = 6,06 \cdot 5 = 35 \text{ мкм}$$

Табл. 1: Відношення W/L та розміри для кожного транзистора.

	W/L	W	L
T1	22	110	5
T2	22	110	5
T3	10, 17	55	5
$T4$	4, 19	25	5
$T5$	4, 19	25	5
$T6$	10, 17	55	5
$T7$	10, 2	55	5
$T8$	6, 06	35	5