

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

## ЗВІТ

Про виконання лабораторної роботи №6  
з дисципліни: «Твердотільна електроніки-2»

## «ІНТЕГРАЛЬНІ СХЕМИ СТАТИЧНОЇ ЛОГІКИ НА МДН – ТРАНЗИСТОРАХ»

Виконавець:

Студент 3-го курсу

\_\_\_\_\_

(підпис)

Р. П. Фіщай

Превірів:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Л. М. Королевич

## 1. МЕТА РОБОТИ

Дослідження характеристик керуючого транзистора та властивостей базових інверторів інтегральних схем виготовлених за МДН-технологією.

## 2. ЗАВДАННЯ

2.1 Виконати вимірювання сімейства вихідних вольт-амперних характеристик керуючого інтегрального МДН-транзистора  $T_y$  — залежності струму стоку від напруги сток-вент. Побудувати сімейство характеристик  $I_c = I_c(U_{cc})$  [при  $U_3 = \text{const}$ ] на одному малюнку.

2.2 Визначити крутизну, динамічний опір стоку, коефіцієнт підсилення напруги - для крутої і для пологої областей вихідних характеристик транзистора ( $S_1; S_2; r_{c1}; r_{c2}; \mu_1; \mu_2$ )

2.3 Виміряти передавальні характеристики інтегрального МДН-інвертора при різних видах навантаження: а) лінійний резистор  $R_n$ , б) МДН-транзистор  $T_y$  ідентичний керуючому, в) МДН-транзистор з довгим та вузьким каналом  $T_n$ .

2.4 Побудувати на одному малюнку графіки передавальних характеристик Знятих для трьох типів інверторів. Визначити коефіцієнти передачі для різних видів навантажень.

2.5 За результатами вимірювань побудувати на сімействі вихідних ВАХ керуючого транзистора навантажувальні характеристики для трьох типів навантаження:  $R_n, T_y, T_n$

2.6 Виконати порівняльний аналіз досліджуваних схем інверторів і зробити висновки про доцільність використання розглянутих типів навантаження в схемах статичної логіки.

2.7 Намалюйте можливу структуру одного із досліджених інтегральних МДН-інверторів (найоптимальнішого). Запропонуйте заходи щодо зниження порогової напруги та зменшення паразитних ємностей інтегрального МДН інвертора.

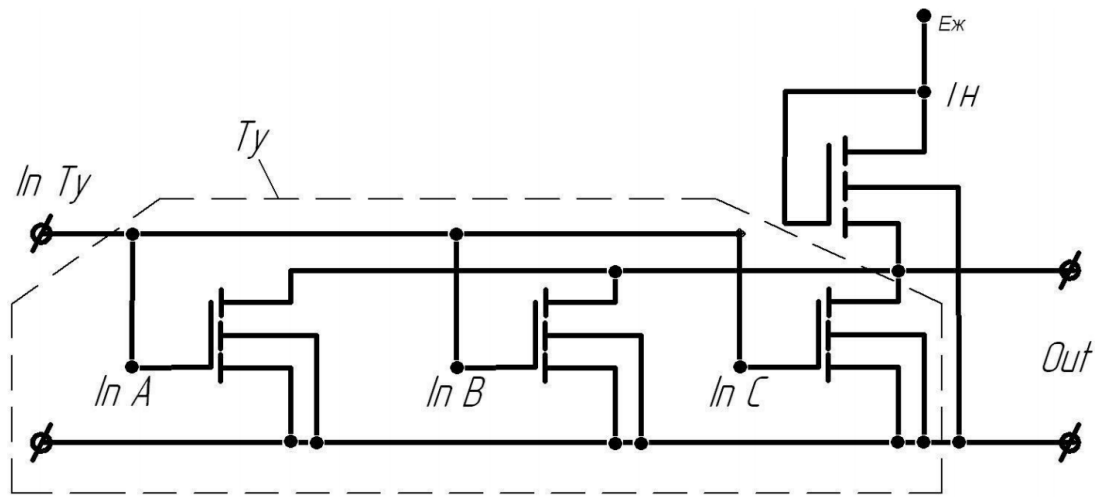


Рис. 1: Еквівалентна схема  $y$  з каналом  $W_{\text{эКВ.}} = 3W$ .

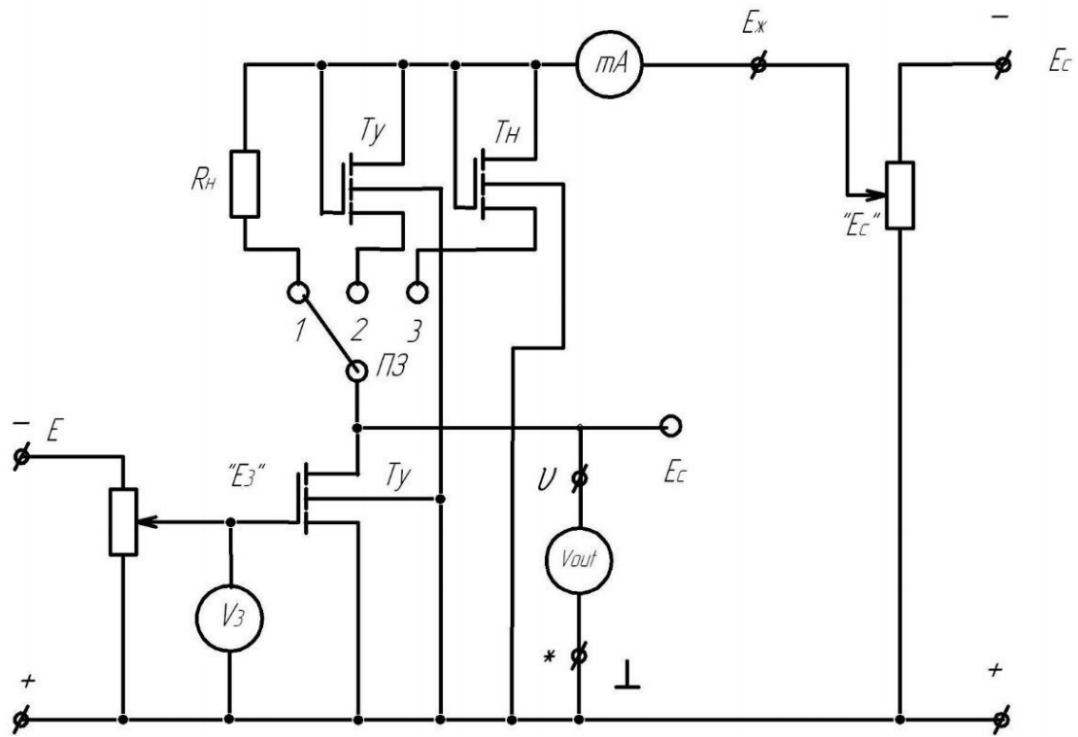


Рис. 2: Схема дослідження.

Таб. 1: Сімейство вихідних характеристик керуючого МДН-транзистора.

U <sub>з</sub> = 4,5 В		U <sub>з</sub> = 5 В		U <sub>з</sub> = 5,5 В		U <sub>з</sub> = 6 В		U <sub>з</sub> = 6,5 В		U <sub>з</sub> = 7 В		U <sub>з</sub> = 7,5 В	
U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА	U <sub>с</sub> , В	I <sub>с</sub> , мкА
0	120	0	60	0	15	0	30	0	35	0	40	0	30
0,1	170	0,1	85	0,1	65	0,1	70	0,1	85	0,1	90	0,1	105
0,2	185	0,2	110	0,2	105	0,2	115	0,2	140	0,2	145	0,15	130
0,3	195	0,3	140	0,3	140	0,3	160	0,3	180	0,3	200	0,2	165
0,4	205	0,4	162	0,4	170	0,4	200	0,4	235	0,4	255	0,25	190
0,5	220	0,5	180	0,5	200	0,5	240	0,5	285	0,5	300	0,3	220
0,7	240	0,6	198	0,6	225	0,6	280	0,55	300			0,35	250
0,9	265	0,7	215	0,7	265	0,66	300					0,4	275
1,2	285	0,8	239	0,8	290							0,44	300
1,5	300	0,9	245	0,84	300								
		1	255										
		1,2	275										
		1,5	295										

Таб. 2: Передавальні характеристики МДН інтегрального інвертора для різних видів навантажень.

Навантаження - R <sub>н</sub>		Навантаження - T <sub>у</sub>		Навантаження - T <sub>н</sub>	
U <sub>з</sub> , В	U <sub>с</sub> , В	U <sub>з</sub> , В	U <sub>с</sub> , В	U <sub>з</sub> , В	U <sub>с</sub> , В
0	17,5	0	13	0	10
1	17,5	1	13	1	10
2	17,5	2	13	2	10
3	17,5	3	13	3	10
4	16,5	4	11	3,2	7,8
5	14	4,5	10	3,4	7
5,5	12,5	5	9,5	3,5	5,8
6	10,5	5,5	8,2	3,6	4,8
7	8,2	6	7	3,7	3,4
7,5	6,3	6,5	5,9	3,8	2,3
8	4,6	7	4,9	3,9	0,3
9	3,4	7,5	3,8	4	0
10	2,8	8	3,4		
11	2,7	8,5	3		
		9	2,7		
		9,5	2,5		
		10	2,4		

## 2. ВИКОНАННЯ РОБОТИ

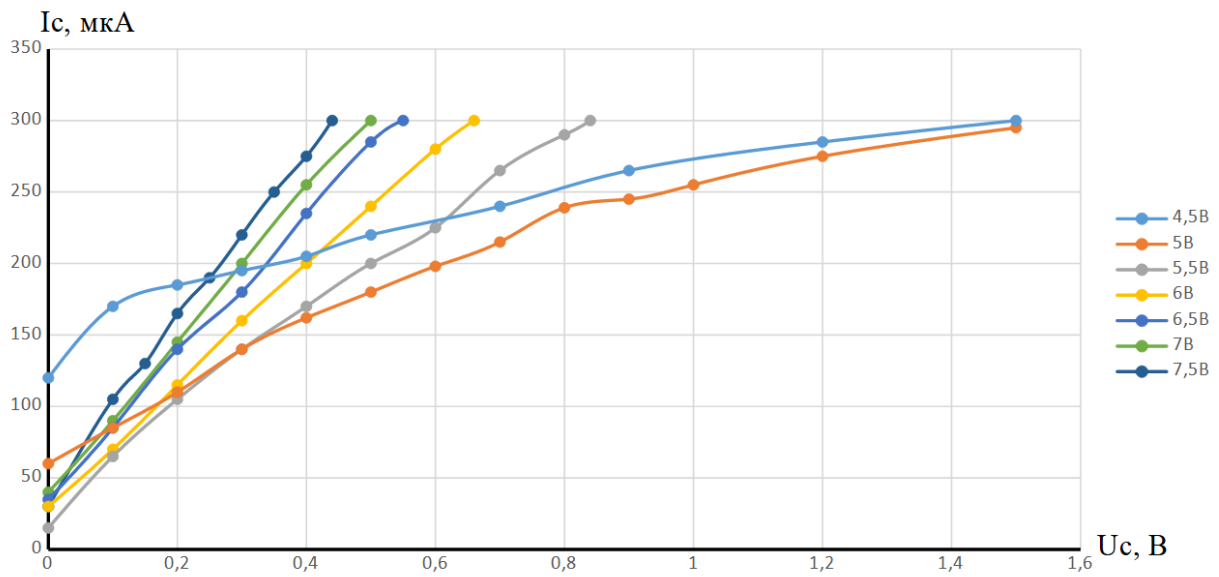


Рис. 3: Вихідні характеристики транзистора

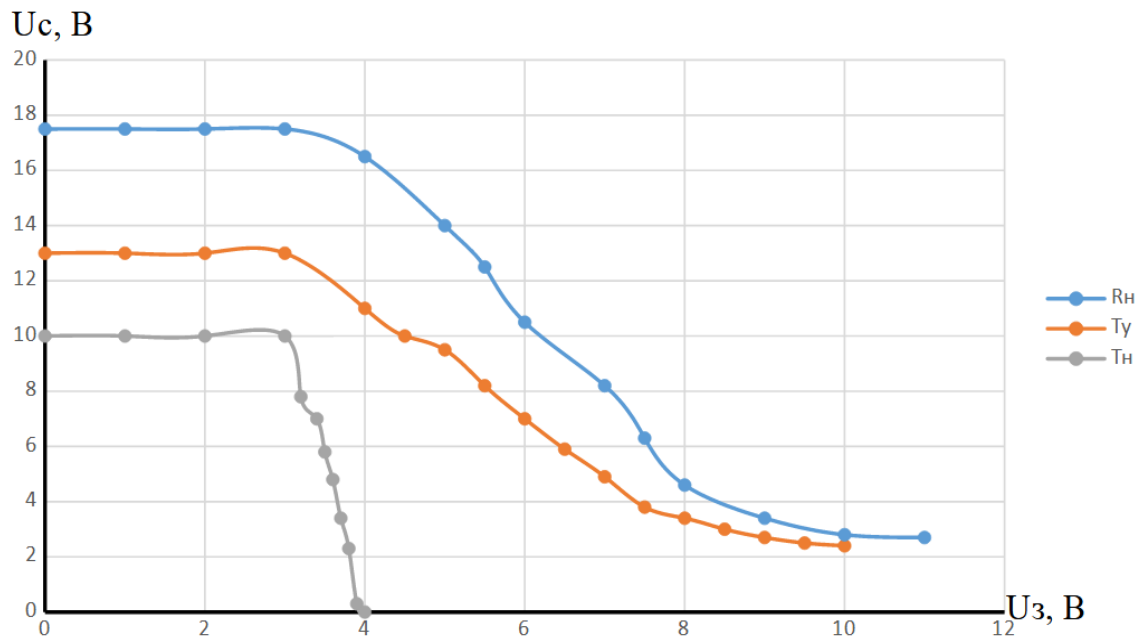


Рис. 4: Передавальні характеристики для трьох типів інверторів

Можна знайти крутизну характеристики при  $\Delta U_{CB} = const$ :

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_3} = \frac{(233 - 200) \cdot 10^{-6}}{0,5} = 66 \frac{\text{мкА}}{B}$$

Тепер можна знайти диференційний опір при  $\Delta U_3 = const$ :

$$r_i = \frac{\Delta U_{BC}}{\Delta I_{C_2}} = \frac{0.3}{30 \cdot 10^{-6}} = 12,6 \text{ кОм}$$

І тепер можна знати граничний коефіцієнт підсилення за напругою:

$$K_U = S \cdot r_i = S \cdot r_i = 0,84$$

Тепер за формулою  $K = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_3}$  та знаходимо:

Для  $T_n$

$$K_{Tn} = \frac{8 - 6}{3,95 - 3,74} \approx 9.5$$

Для  $T_y$

$$K_{Ty} = \frac{8 - 6}{7,8 - 6,2} \approx 1.3$$

Для  $R_n$

$$K_{Rn} = \frac{8 - 6}{8,5 - 6,8} \approx 1.2$$

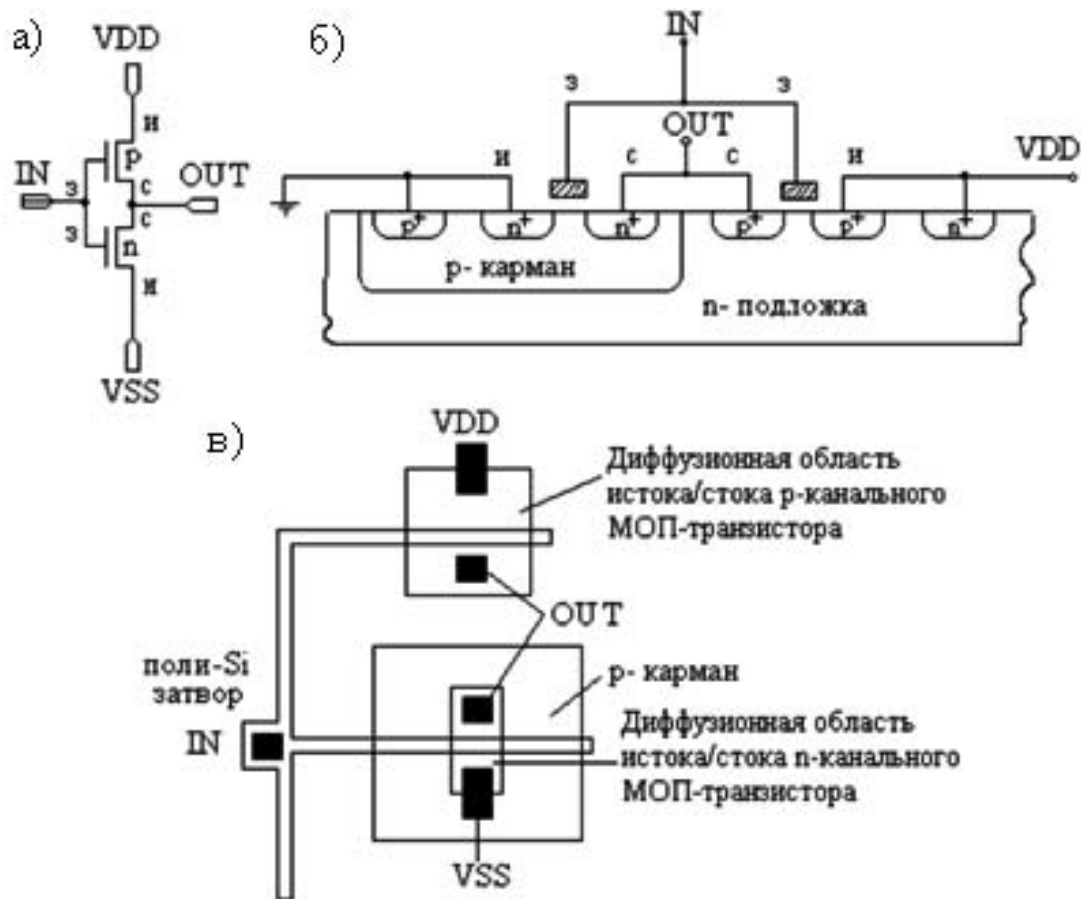


Рис. 5: Одна з оптимальних структур КМОП інвертора

## Висновок

У цій лабораторній роботі було побудовано сімейство вихідних вольт-амперних характеристик керуючого інтегрального МДН-транзистора. На сімействах вихідних характеристик гарно помітна лінійна область зміни, та зона насичення. Наступним кроком визначили крутизну, динамічний опір стоку, коефіцієнт підсилення напруги для крутої області вихідних характеристик транзистора, а от для пологої ми не можемо – у нас немає вимірів для пологої частини ВАХ, за побудованими на малюнку графіками передавальних характеристик знятих для трьох типів інверторів визначили  $K$  для  $R_n$ ,  $T_y$  та  $T_n$ .