

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні

Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та
програмного забезпечення

Лабораторна робота №3

з дисципліни Цифрова схемотехніка

Дослідження логічних елементів МДН логіки

Студента (ки) _____ курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

(Піжпис)

Викладач _____

(оцінка, дата, підпис)

Комплементарні (взаємно доповнюючі) МОН (метал-оксид-напівпровідник) - структури, побудовані на основі МОН-транзисторів з різним типом провідності. Елементи КМОН виключно економні по потужності споживання, що є їх основною перевагою. Вони здатні працювати в широкому діапазоні напруги живлення (3-15 В), мають високу завадостійкість. Недоліком їх є поки що менша, ніж в ТТЛ швидкодія. КМОП мікросхеми потребують обережнішого використання, ніж інші мікросхеми, оскільки із-за дуже високого входного опору для них небезпечна статична електрика.

3.1 Короткі теоретичні відомості

Яким би не був складний логічний зв'язок між логічною функцією і її аргументами, цей зв'язок завжди можна представити у вигляді сукупності трьох простих логічних операцій: НІ, І, АБО. Цей набір називають булевим базисом, на честь англійського математика Д. Буля (1815-1864), що розробив основні положення алгебри логіки (АЛ).

Значення часто використовуваних функцій, представлені в таблиці. 3.1.

Таблиця 3.1 – Логічні операції між змінними

Аргументи		Функції					
A	B	I	АБО	I-НІ	АБО-НІ	M2	≡
0	0	0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1

Функція АБО (інші назви: диз'юнкція, логічне складання, OR) - це функція двох або більшого числа аргументів. Використовувати знак «плюс» між змінними можна в тих випадках, коли диз'юнкцію не можна змішати з арифметичним підсумовуванням і складанням по модулю 2.

Елемент, що реалізовує функцію І, називають елемент І або кон'юнктор. Елемент І часто використовують для управління потоком інформації. При цьому на один його вхід поступають логічні сигнали, що несуть

деяку інформацію, а на другий – сигнал управління: пропускати - 1, не пропускати - 0. Елемент І, які використовуються таким чином, називають вентиль (gate).

При схемній реалізації функціонально повних систем з мінімальним логічним базисом йдуть по шляху використання універсальних логічних елементів: АБО-НІ, І-НІ і І-АБО-НІ

3.2 Логічний елемент АБО - НІ

Мета роботи – вивчення побудови, аналіз характеристик і типів логічних елементів АБО - НІ.

Розглянемо логічний елемент ЗАБО–НІ на компліментарних МДН-транзисторах транзисторної логіки (КМДНТЛ), рис. 3.1а.

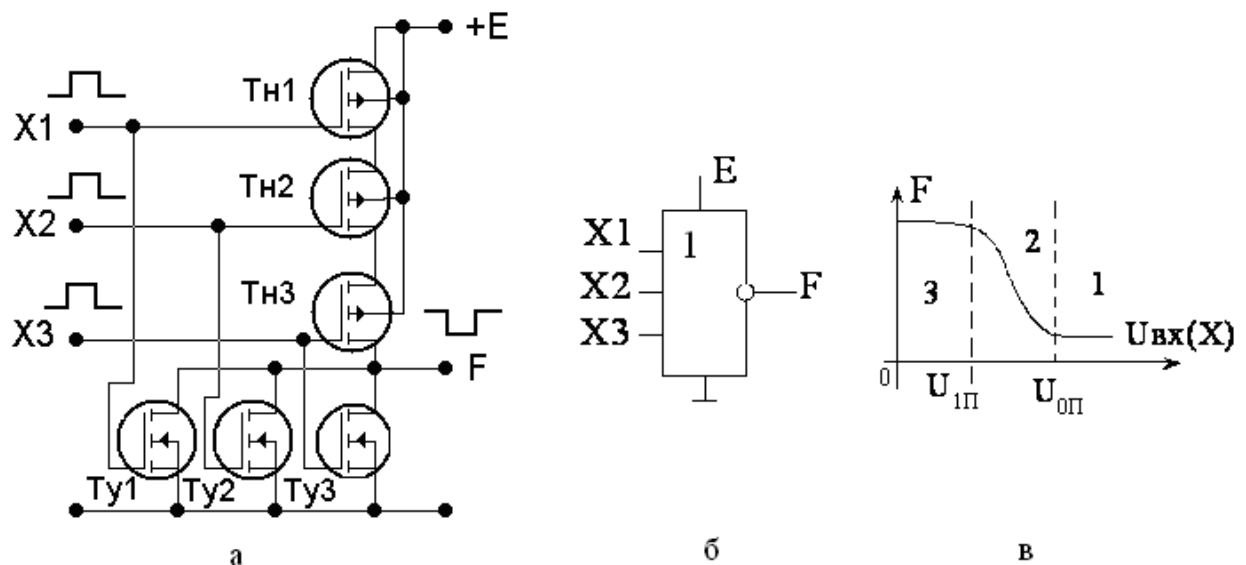


Рисунок 3.1 Схема КМДНТЛ елемента ЗАБО–НІ (а), умовне позначення б) і перехідна характеристика (в)

Керівні МДН транзистори з каналом n-типу ТУ1, ТУ2, ТУ3 сполучені паралельно, а транзистори навантажень ТН1..., ТН3 з каналом р-типу сполучені послідовно і утворюють верхнє плече дільника напруги Е.

Якщо вхідні сигнали X_1, \dots, X_3 дорівнюють нулю, транзистори, що управляють, закриті, а навантаження навпаки відкриті. Тому вихідна напруга велика і логічна функція $F = 1$. Якщо хоч би один вхідний сигнал, наприклад,

$X_1 = 1$, то транзистор ТУ1 управління, відкривається, а ТН1 закривається. При цьому $F = 0$. Такий елемент в статичному режимі практично не споживає струм від джерела живлення.

Розглянемо статичну перехідну характеристику логічного елемента, рис. 3.1 в, що відображає зміну $U_{\text{вих}}$ при зміні величини $U_{\text{вх}}$. На ній виділяються три ділянки. Ділянка 1 відповідає нулю на виході U_0 , ділянка 3 – логічній одиниці U_1 . Ділянка 2 відображає перехідний стан. Значення вхідної напруги на границях ділянок $U_{0п}$, $U_{1п}$ називаються пороговими, а їх середнє значення називається порогом перемикання.

$$U_{п} = 0,5 \cdot (U_{0п} + U_{1п}) \quad (3.1)$$

3.2.1 Опис віртуального EWB стенду

При моделюванні з використанням EWB програми будується схема логічного елемента, показана на рис. 3.2.

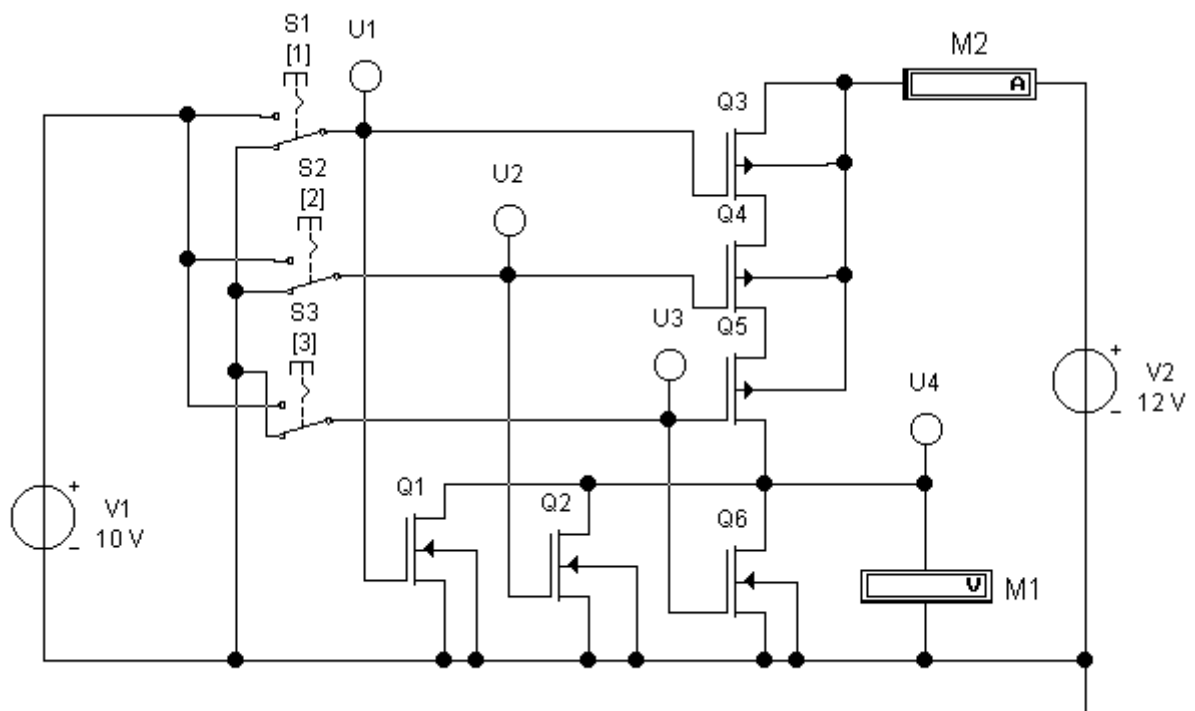


Рисунок 3.2 - Схема моделювання на МДН-транзисторах.

У цій схемі вхідні логічні рівні формуються від джерела V1 і задаються перемикачами S1, S2, S3 які управляються з клавіатури незалежно один від одного натисненням клавіш «1», «2», «3». Наявність логічних одиниць відображаються колірним «світінням» сигнальних елементів U1, U2, U3. Вихідна напруга вимірюється вольтметром M1, а струм споживання міліамперметром M2. Рівень логічного вихідного сигналу відображається сигнальним елементом U4.

При моделюванні прийняти: транзистори управління 2N6568, навантаження – типа 2N6804, $E = 10\text{ В}$.

1. Для дослідження перехідної характеристики встановити $S1 = 0$, $S2 = 0$, джерело напруги S3 змінювати в режимі DC в межах $0...10\text{ В}$, підключивши до цього входу вольтметр і змінний резистор (рис. 3.3). Виміряти $U_{\text{вих}}$. Результати записати в таблицю 3.2.

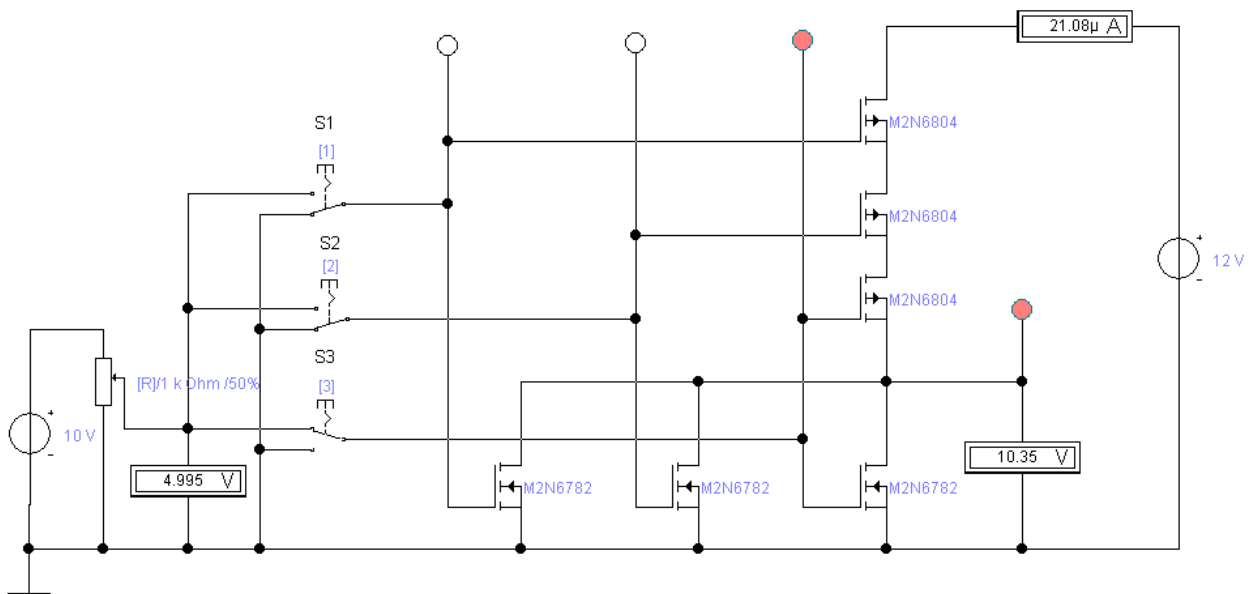


Рисунок 3.3 - Дослідження перехідної характеристики

Таблиця 3.2 – Перехідна характеристика

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$U_{\text{вих}}, \text{В}$											

Визначити напругу U^1 , U^0 і порогові значення $U_{\text{п}}^{10}$ и $U_{\text{п}}^{01}$.

2. Задати напругу S3 у вигляді прямокутних імпульсів з амплітудою $U_m = 10$ В; частотою $f = 1$ Гц і скважністю 50% (рис. 3.4). Осцилограму замалювати.

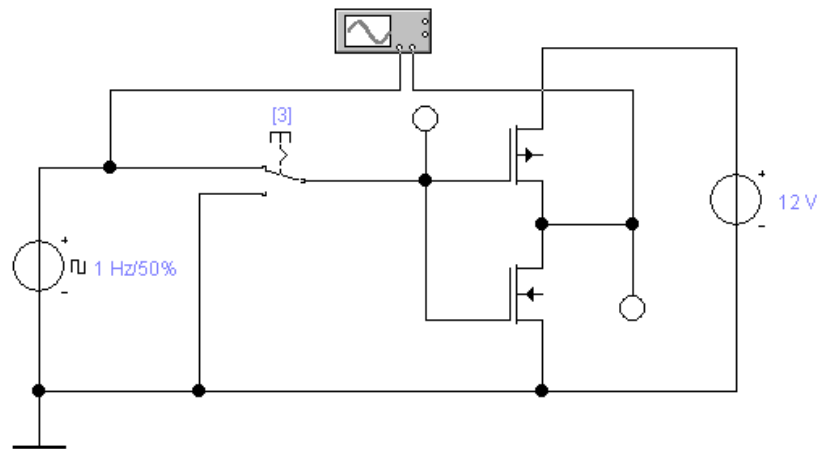


Рисунок 3.4 – Дослідження інвертування сигналу

3. Для спостереження роботи елемента задати джерела входних сигналів S1, S2 і S3 у вигляді послідовностей прямокутних імпульсів позитивної полярності з параметрами: $U_m = 10$ В, $T_1 = 200$ мкс, $\tau_1 = 60$ мкс для X_1 і $U_m = 10$ В, $T_2 = 300$ мкс, $\tau_2 = 30$ мкс для X_2 . Спостерігати осцилограми напруги S1, S2, S3, Y, F. Осцилограму зарисувати. Виміряти величину струму вжитку.

3.3 Логічний елемент І - НЕ

Економічною схемою, споживаючою струм живлення лише в процесі перемикання, є елемент І-НЕ на МОН-транзисторах (рис. 3.5).

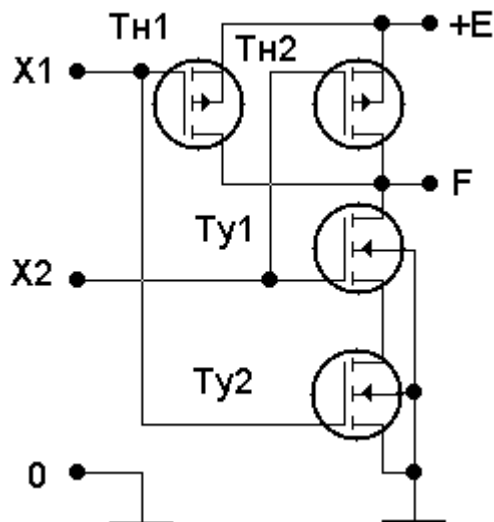


Рисунок 3.5 - Схема елемента 2I-HE

Тут транзистори навантажень T_n з каналом р-типа включені паралельно, а керівні ТУ – послідовно. При $X_1 = 1$ і $X_2 = 0$ транзисторів ТУ1 і T_n2 відкриваються, а транзистори T_n1 і ТУ2 закриті ($F = 1$). При $X_1 = X_2 = 1$ транзистори ТУ1 і ТУ2 відкриті, а T_n1 і T_n2 закриті ($F = 0$).

Аналогічно будуються логічні елементи КМДНТЛ на більше число входів.

3.3.1 Опис віртуального стенду EWB

При моделюванні з використанням EWB програми будується схема логічного елемента, показана на рисунку 3.6.

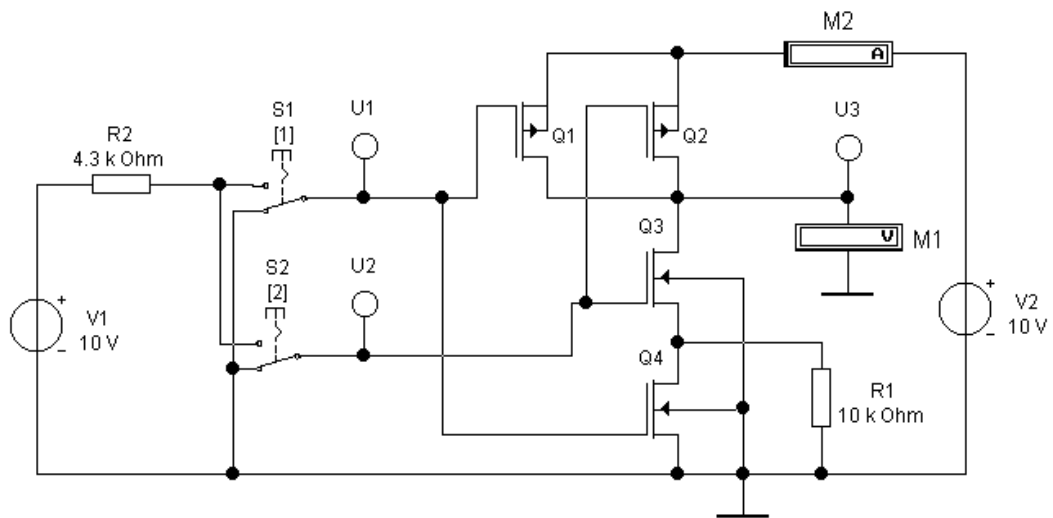


Рисунок 3.6 - Схема елемента I-HE на МОН-транзисторах

У цій схемі вхідні логічні рівні формуються від джерела V1 і задаються перемикачами S1, S2 які управляються з клавіатури незалежно один від одного натисненням клавіш «1», «2». Наявність логічних одиниць відображається колірним «свіченням» сигнальних елементів U1, U2. Вихідна напруга вимірюється вольтметром M1, а споживаний струм міліамперметром M2. Рівень логічного вихідного сигналу відображується сигнальним елементом U3.

При моделюванні прийняти: транзистори управління 2N6568, навантаження – типа 2N6804, $E = 10$ В

1. Дослідити перехідну характеристику, встановивши $S2 = +15$ В. В режимі DC змінювати $S1$ в межах $0...10$ В. Характеристику зарисувати, результати вимірів представити у вигляді таблиці 3.2.

2. Задати напругу $S1$ у вигляді прямокутних імпульсів з амплітудою $U_m = 10$ В; частотою $f = 1$ Гц і скважністю 50%. Осцилограму замалювати.

3. Для спостереження роботи елемента аналогічно задати джерела вхідних сигналів у вигляді прямокутних імпульсів з амплітудами $U_m = 10$ В, тривалістю імпульсів τ і періодом T наступних значень: $\tau_1 = 60$ мкс, $T_1 = 200$ мкс, $\tau_2 = 30$ мкс, $T_2 = 300$ мкс. Спостерігати осцилограми напруги $S1$, $S2$, F і привести їх в звіті.

3.4 Контрольні питання

1. Принцип роботи струмового ключа на МДН транзисторі з динамічним навантаженням.

2. Принцип роботи компліментарного токового ключа на МДП транзисторах.

3. Принцип роботи логічних елементів МДН, КМДН.

4. Логічні рівні логічних елементів МДН, КМДН.

5. Передаточна характеристика.

6. Перешкодостійкість логічних елементів.

7. Статичні характеристики логічних елементів.

8. Динамічні характеристики логічних елементів.

Література

1. Верьовкін Л.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник [Текст] / Л.Л. Верьовкін, М.В. Світанько, Є.М. Кісельов, С.Л. Хрипко. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. – 214 с.

2. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навчальний посібник. Львів : "Новий Світ-2000", 2019. 736 с. ISBN 978-966-418-067-9.

3. Задерейко О.В., Логінова Н.І., Трофименко О.Г., Троянський О.В., Толокнов А.А. Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів : навч. посіб. [Електронне видання]. Одеса : Фенікс, 2021. 163 с.

URL: <https://hdl.handle.net/11300/14473>