

*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 №2

з дисципліни Цифрова схемотехніка

Дослідження логічних елементів біполярної логіки

Студента (ки) _____ курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

(Піжпис)

Викладач _____

(оцінка, дата, підпис)

м. Запоріжжя – 2024 рік

2.1 Логічний елемент АБО

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

2.1.1 Короткі теоретичні відомості

Логічні елементи або вузли призначені для виконання логічних операцій з дискретними сигналами при двійковому способі їх представлення. Наприклад, на рисунку 2.1а показана схема управління запаленням індикатора F на двох вимикачах X1 і X2, що реалізують логічну функцію АБО.

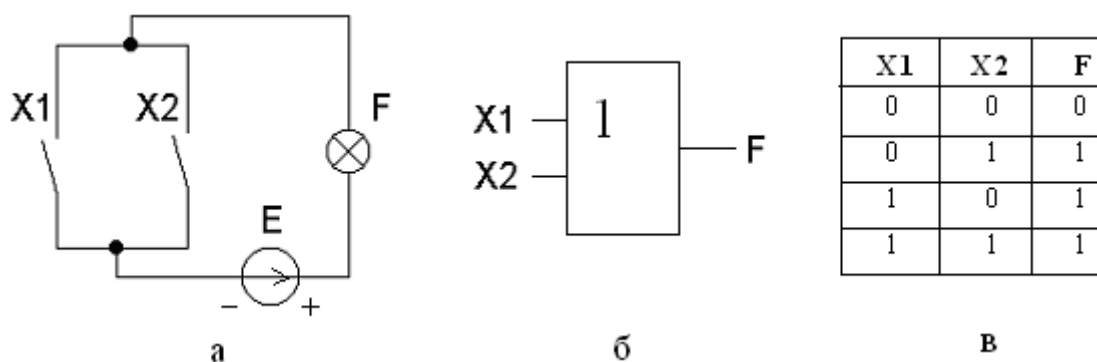


Рисунок 2.1 - Схема АБО на вимикачах (а), умовне позначення (б) і таблиця істинності (в)

Неважко бачити, що для включення лампи ($F = 1$) досить включити X1 або X2, або обидва одночасно. Число вимикачів n тут не обмежується. Тому можна записати логічну суму

$$F = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

Ця сума відповідає логічному елементу АБО, що має n вхідних сигналів.

На рисунку 2.2 показаний логічний елемент на два входи, який реалізовують функцію АБО на діодах і транзисторний елемент, який реалізовує операцію НЕ. Таке поєднання елементів відноситься до класу діодно-транзисторної логіки (ДТЛ).

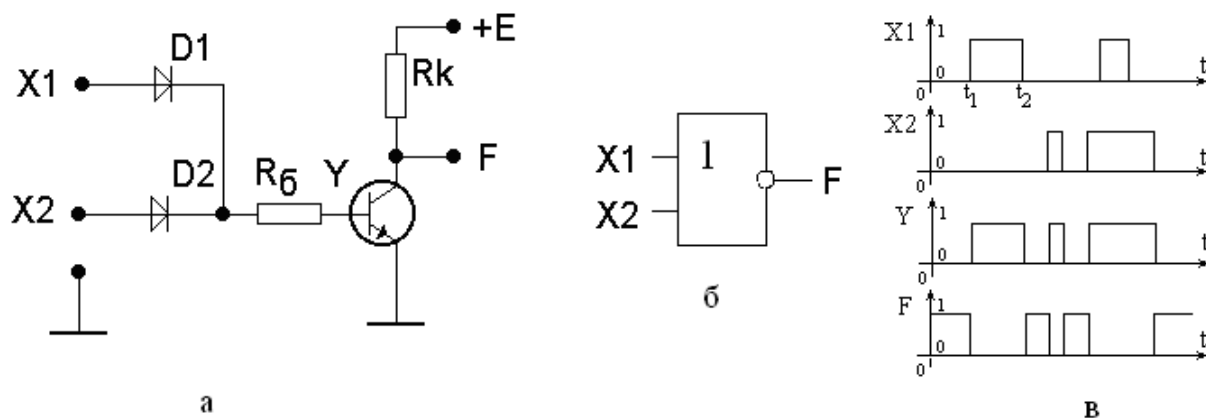


Рисунок 2.2 - Схема (а), позначення (б) і імпульсні діаграми елементу 2АБО–НЕ

Під час вступу на входи X1, X2 позитивного потенціалу логічної одиниці, транзистор відмикається і його вихідна напруга U_k падає до рівня логічного нуля, відповідно до характеристики навантаження

$$U_k = E - i_k \cdot R_k \quad (2.1)$$

Розглянемо імпульсні діаграми на рисунку 2.2. До моменту часу t_1 сигнали $X_1 = 0$, $X_2 = 0$. Вхідний сигнал Y на базі транзистора дорівнює нулю. Транзистор замкнутий, струм колектора $i_k = 0$. Вихідна напруга U_k велика і відповідно до формули (2.1) наближена до E. На виході присутня логічна одиниця.

На інтервалі $t_1 \dots t_2$ вхідний сигнал X1 має значення логічної одиниці, сигнал Y великий, транзистор відкритий і вихідна логічна величина $F = 0$. При збігу сигналів X1 і X2 у часі транзистор відмикається на триваліший інтервал часу.

Недоліком такої схеми є помітна споживана потужність, коли транзистор відкритий.

Важливою характеристикою логічного елементу є швидкодія, яка оцінюється як середній час затримки поширення.

$$t_{\text{затр}} = 0,5 \cdot (t_{\text{затр}}^{10} + t_{\text{затр}}^{01}) \quad (2.2)$$

Тут $t_{затр}^{10} + t_{затр}^{01}$ час перемикання із стану одиниці в нуль і з нуля в одиницю (рис. 2.2).

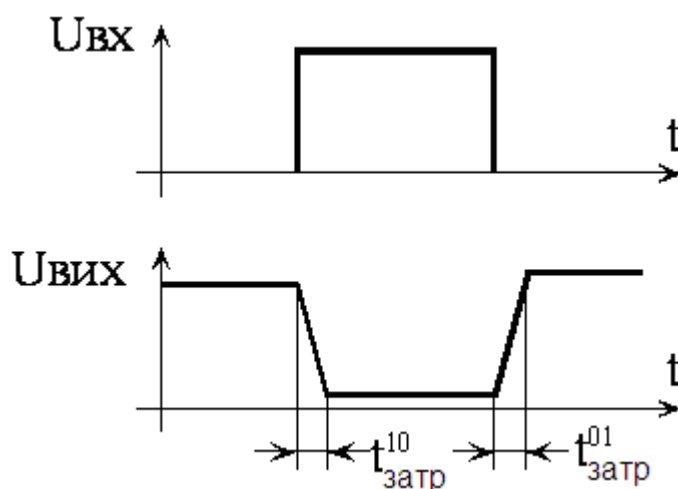


Рисунок 2.3 - Часові діаграми

Середня споживана потужність $P_{п}$ оцінюється як напівсума потужностей в режимі передачі значень нуля і одиниці

$$P_{п} = 0,5 \cdot (P_{п0} + P_{п1}) \quad (2.3)$$

Для елементів, в яких сигнал споживання зростає в режимі перемикання, оцінюють потужність на максимальній робочій частоті перемикань.

Важливими параметрами є коефіцієнт об'єднання по входу, рівний числу входів елементу, коефіцієнт розгалуження по виходу, рівний кількості виходів і завадостійкість, яка оцінюється по найбільшій напрузі вхідної перешкоди, що не викликає помилкового перемикання, значення допустимих рівнів напруги нуля і одиниці. Для проведення роботи зручно задати вхідні сигнали $X1, X2$ у вигляді послідовностей прямокутних імпульсів з різними періодами повторення T і тривалістю τ .

2.1.2 Опис віртуального стенду EWB

При моделюванні з використанням EWB програми будується схема логічного елементу, яка показана на рисунку 2.4.

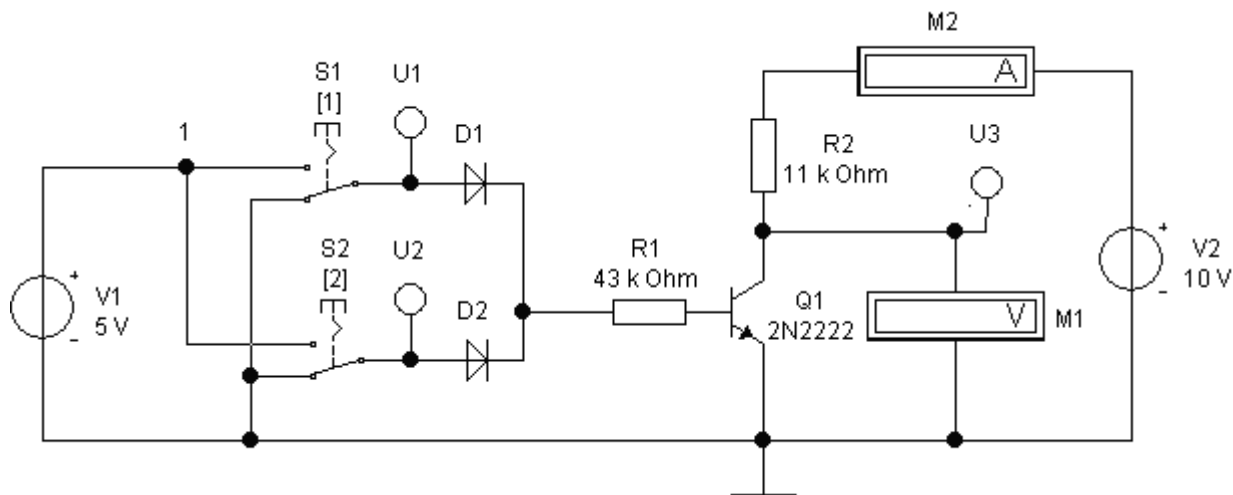


Рисунок 2.4 - Схема моделювання логічного елементу ДТЛ

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 відображаються кольоровим «свіченням» сигнальних елементів U1, U2, U3. Вихідна напруга вимірюється вольтметром M1, а споживаний струм міліамперметром M2.

2.1.3 Порядок виконання роботи

1. Побудувати схему по рисунку 2.4. При моделюванні прийняті: транзистор 2N2222A, діоди типа 1N3016A, $E = 10 \text{ В}$, $R_{\text{б}} = 43 \text{ кОм}$, $R_{\text{к}} = 11 \text{ кОм}$.

2. Для дослідження перехідної характеристики встановити $S1 = 0$, джерело напруги S2 змінювати в режимі DC в межах $0 \dots 5 \text{ В}$, підключивши до цього входу вольтметр і змінний резистор (рис. 2.5). Виміряти $U_{\text{вих}}$. Результати записати в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – 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 .

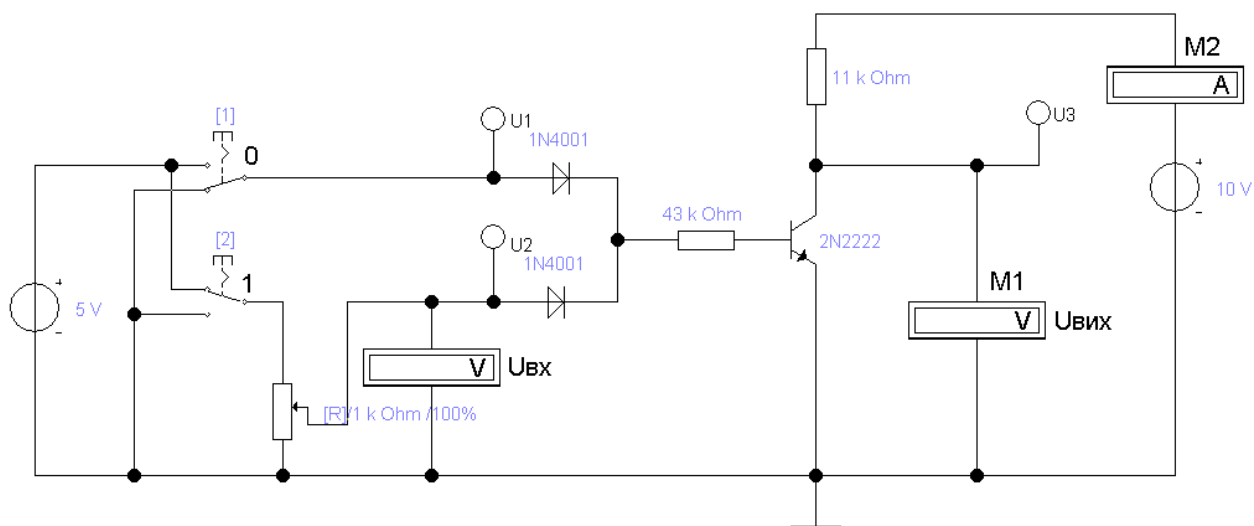


Рисунок 2.5 – Схема для виміру перехідної характеристики

3. Дослідити функціонування схеми на періодичному сигналі. Задати напругу S2 у вигляді прямокутних імпульсів з амплітудою $U_m = 10$ В; частотою $f = 1$ Гц і скважністю 50% (рис. 2.6). Осцилограму зарисувати.

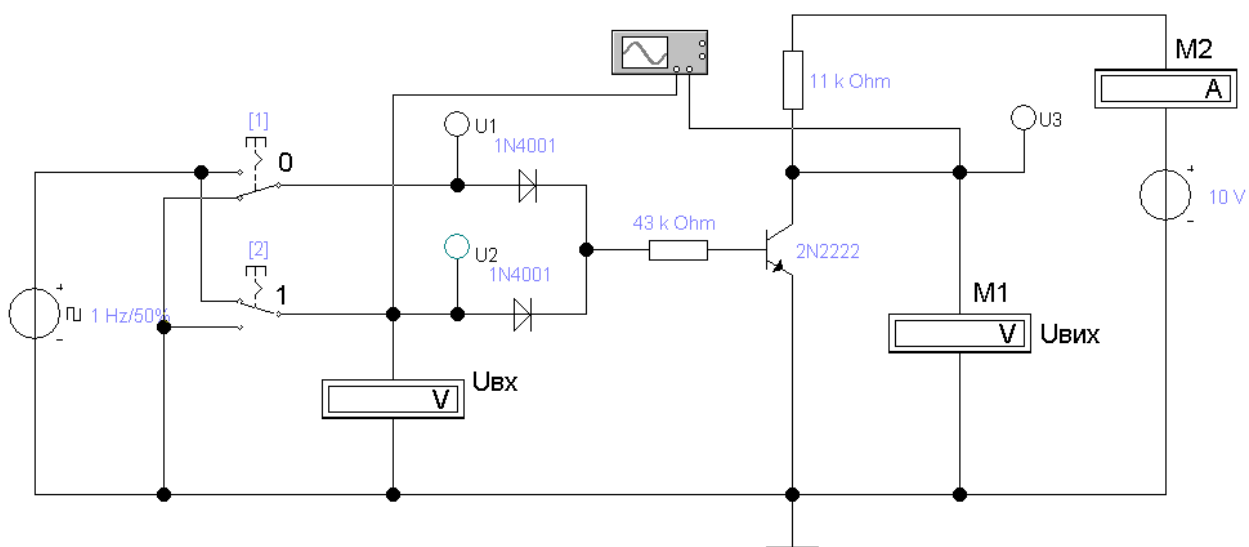


Рисунок 2.6 – Схема для виміру перехідної характеристики

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

2.2 Логічний елемент І

Мета роботи – вивчення принципів побудови основних типів, характеристик і вживання логічних елементів І.

2.2.1 Короткі теоретичні відомості

Логічний елемент І дуже широко використовується при побудові цифрових схем, генераторів прямокутних імпульсів і ряду інших пристроїв. Принцип дії такого логічного елемента (ЛЕ) може бути пояснений схемою управління включення лампою розжарювання F за допомогою виключення X1 і X2 (рис. 2.7). Якщо вимикачі X1 і X2 включаються випадковим чином в часі, то індикатор горітиме ($F = 1$) лише коли вимикачі замкнуті одночасно ($X1 = 1, X2 = 1$). Така схема називається схемою логічного множення.

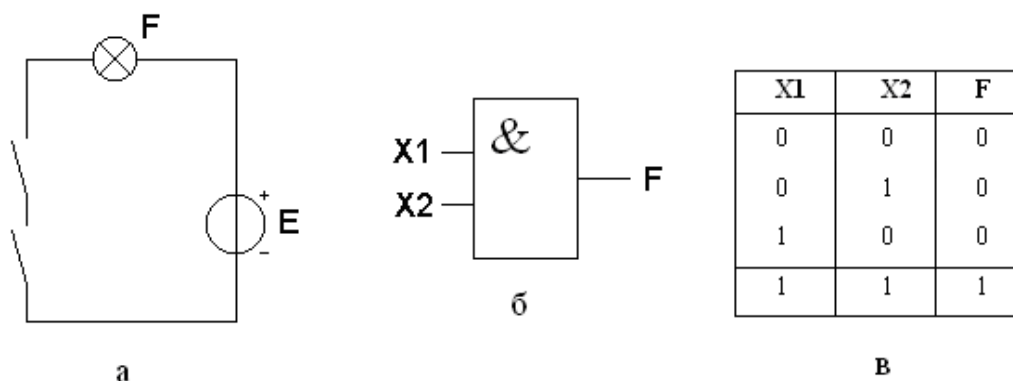


Рисунок 2.7 - Схема АБО на вимикачах (а), умовне позначення (б) і таблиця істинності (в)

$$F = X_1 \cdot X_2 \quad (2.4)$$

Неважко бачити, що число таких послідовно включених вимикачів можна збільшити. Тоді формула (2.4) матиме вигляд

$$F = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n \quad (2.5)$$

де n – число послідовних вимикачів.

Таблиця істинності ЛЕ на два входи показана на рисунку 2.7, в. Нижній рядок показує умови включення лампочки розжарювання.

На рисунку 2.8, а показана схема ЛЕ в якій функція логічного множення виконується діодами D1, D2, а вихідний сигнал поступає через діоди D3,

D4 на транзистор T1, який виконує функції інвертора. Транзистор T1 відкривається лише тоді, коли через R₆ і діоди D3, D4 протікає струм бази, який відмикає його. Якщо хоч би одна з напруг X1 або X2 буде близька до нуля, то буде відкритий один з діодів D1 або D2 і потенціал вузла а буде близький до нуля. При цьому струм бази транзистора T буде малий, і він буде замкнутий. Відповідно до формули (2.1) напруга колектора велика, що відповідає F = 1. Імпульсні діаграми на рисунку 2.8, в показують, що транзистор T1 відмикається лише на інтервалі t₁ t₂ і на виході схеми присутній сигнал F = 0. Така схема реалізована на діодно-транзисторній логіці (ДТЛ).

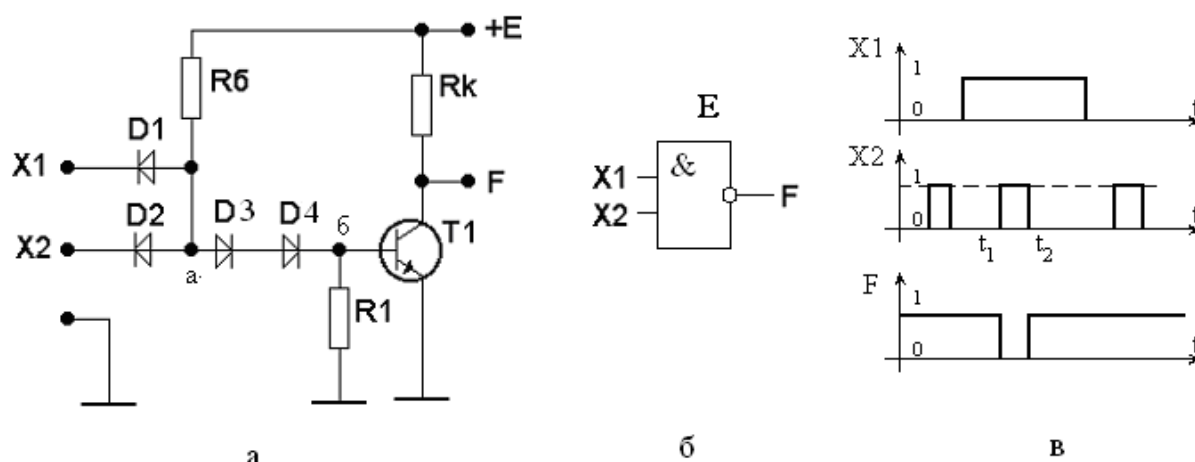


Рисунок 2.8 - Схема (а), позначення (б) і імпульсні діаграми (в) елементу 2І–НЕ.

На рисунку 2.9 показана схема елемента 2І–НЕ, в якій логічна частина виконана на багатоемітерному транзисторі T1.

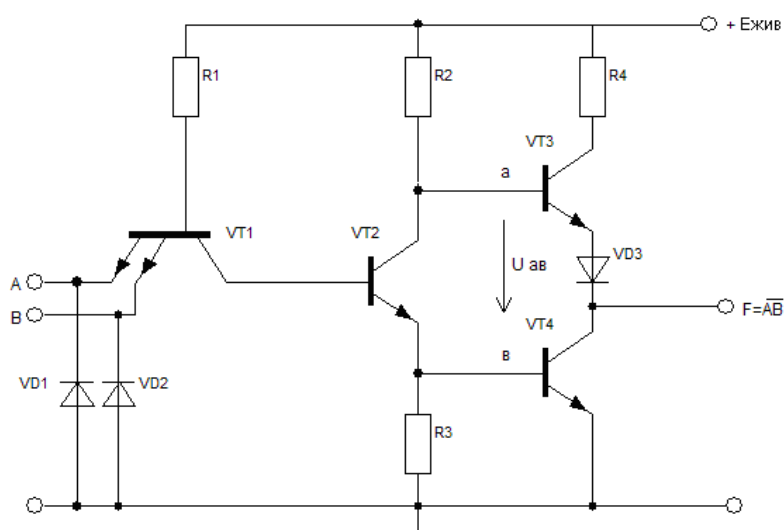


Рисунок 2.9 - Схема елемента 2І–НЕ

Робота схеми аналогічна розглянутою раніше. Якщо хоча б на одному вході напруга буде близькою до нуля, то струм через резистор R1 замикається по колу емітера VT1 і не поступає на базу транзистора VT2, який буде закритий. Тут схема реалізується за допомогою транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ).

2.2.2 Опис віртуального стенду EWB

Для EWB моделювання будується схема, показана на рисунку 2.10.

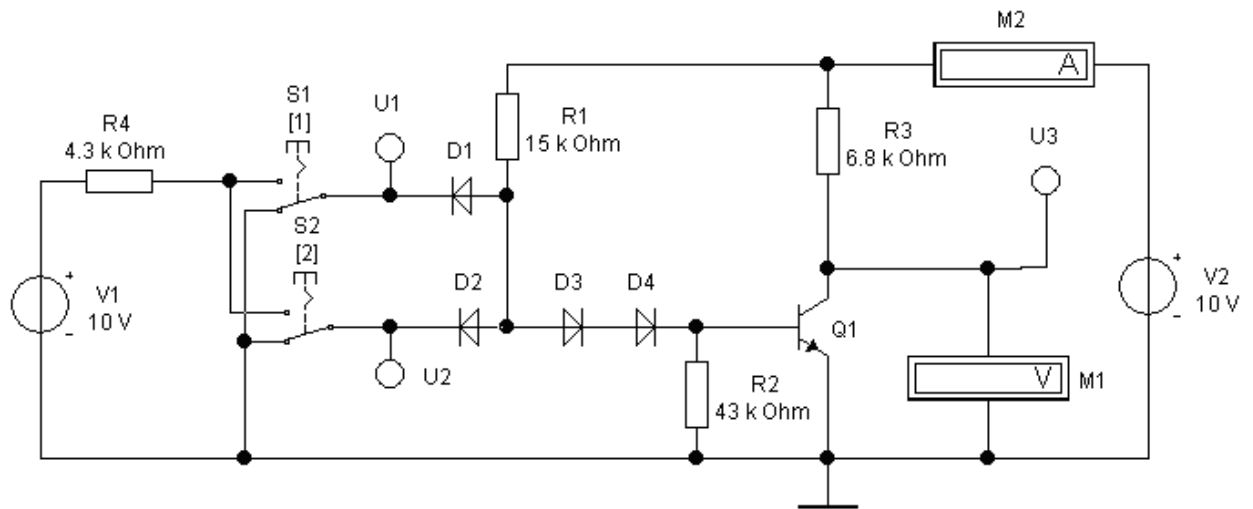


Рисунок 2.10. Схема елемента ДТЛ.

У цій схемі входні логічні сигнали формуються від джерела V1 незалежними перемикачами S1, S2 і відображаються сигналізаторами U1, U2. Управління перемикачами виробляється з клавіатури натисненням клавіш «1» і «2». Величина вихідної напруги і струму вжитку вимірюється вольтметром M1 і міліамперметром M2. Логічна величина вихідного сигналу відображується сигналізатором U3.

2.2.3 Порядок проведення роботи

1. Побудувати схему по рисунку 2.10. При моделюванні прийняті: тип транзистора 2N2222A і діодів 1N3016A, $E = 10$ В, $R_6 = 15$ кОм, $R_1 = 43$ кОм, $R_k = 6,8$ кОм.

2. Досліджувати перехідну характеристику, встановивши $S1 = +15\text{В}$. В режимі DC змінювати $S2$ в межах $0...10\text{ В}$, **підключивши до цього входу вольтметр і змінний резистор**. Характеристику зарисувати, результати вимірів представити у вигляді таблиці 2.1.

3. Для спостереження роботи елемента задати **джерела вхідних сигналів у вигляді прямокутних імпульсів** з амплітудами $U_m = 10\text{ В}$, частотою $f1 = 1\text{ Гц}$ (S1), $f2 = 4\text{ Гц}$ (S2).

Спостерігати осцилограми напруги $U_{вх1}$ (S1), $U_{вх2}$ (S2), $U_{вих}$ і зарисувати їх.

Контрольні питання

1. Принцип роботи струмового ключа на біполярному транзисторі.
2. Принцип роботи схем ТЛНС, ДТЛ, ЕСЛ, $I^2\text{Л}$.
3. Принцип роботи ТТЛ із складним інвертором.
4. Як розрахувати споживану потужність логічного елемента?
5. Як побудувати інвертор на схемі ЗАБО–НЕ?
6. Що означає позитивна логіка?
7. Яка величина логічного нуля або логічної одиниці в схемах?

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>

