МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему *Розробка системи кодування двійково-десяткового сигналу в натуральний двійковий код*

Виконав: студент (ка) *IV* курсу, групи *6.1532-с*

Спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
Д. І. Клименко
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
Ніконова А. О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *інженер конструктор конструкторського бюро Колосова*
Григор'єва І. К.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра _____*електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*_____
Рівень вищої освіти _____*перший (бакалаврський)*_____
Спеціальність *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*_____
(код і назва)

Освітня програма _____*Мікро- та наносистемна техніка*_____
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____*ЕІСПЗ*_____
_____*Критська Т. В.*
"_*10*_" __*червня*__20_*25*_року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

_____*Клименко Давіду Ігоровичу*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи__*Розробка системи кодування двійково-десяткового сигналу в натуральний двійковий код*_____
керівник роботи __*Ніконова Аліна Олександрівна, доцент, к.т.н.*_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від *"27"грудня 2024 року №2029-с*
2. Строк подання студентом роботи _____*10 червня 2025року*_____
3. Вихідні дані до роботи *Обрати систему контролю за станом параметрів при експлуатації хімічних джерел живлення*_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Системи та методи кодування цифрової інформації. Розробка системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію. Охорона праці та техногенна безпека.*_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Функціональна схема кодуючого пристрою з сканованою клавіатурою. Аналіз функціонування пристрою перетворення двійково-десяткового коду а натуральний двійковий код. Загалбна схема системи перетворення двійково-десяткового коду а натуральний двійковий код.*_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Ніконова А. О., доцент*	
II	*Ніконова А. О., доцент*	
III	*Ніконова А. О., доцент*	

7. Дата видачі завдання _____*10.02.2025 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Аналіз двійково-кодованих десяткових чисел*	*28.02.2025*	
2	*Дослідження типів перетворювачів кодів*	*21.03.2025*	
3	*Розробка пристрою контролю заряду акумуляторної батареї*	*04.04.2025*	
4	*Розробка пристрою введення інформації*	*25.04.2025*	
5	*Розробка пристрою кодуючого пристрою на основі сканованої клавіатури*	*08.05.2025*	
6	*Моделювання пристрою відображення інформації*	*12.05є2025*	
6	*Охорона праці та техногенна безпека*	*23.05.2025*	
7	*Оформлення пояснювальної записки*	*10.06.2025*	
8	*Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи*	*13.06.2025*	
9	*Оприлюднений захист магістерської роботи*	*18.06.2025*	

Студент _____ _____*Клименко Д. І.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ ___*Ніконова А. О.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____*Верьовкін Л. Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 70 сторінок, 38 рисунків, 12 таблиці, 13 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – системи кодування цифрових кодів.

Мета роботи – розробка системи кодування двійково-десяткового цифрового коду, натиснутої клавіші клавіатури введення інформації, у натуральний двійковий код і передачі сигналу до виконавчого пристрою.

Задачі роботи: розробити схему пристрою введення інформації з кнопкової клавіатури, та фіксації номера натиснутої клавіші у двійково-десятковому коді; розробити схему перетворювача двійково-десяткового цифрового коду в натуральний двійковий код; розробити схему контролю правильності передачі натурального двійкового коду до виконавчого пристрою.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблена схема пристрою введення інформації з кнопкової клавіатури, та фіксації номера натиснутої клавіші у двійково-десятковому коді, може бути використана для отримання сигналів з контактних датчиків та інших приладів, які спрацьовують за алгоритмои «включено – вимкнено».

Результати впроваджень – макет електронного приладу пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для впровадження в системах кодування інформації.

ШИФРАТОР, ДВІЙКОВИЙ КОД, ГЕНЕРАТОР, ЛІЧИЛЬНИК, РЕГІСТР, ІНДИКАТОР, КЛАВІАТУРА

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення, з 10.02.2025 по 10.06.2025.

Зміст

Вступ …….. 6
1 Системи та методи кодування цифрової інформації …….. 8
1.1 Двійково-кодовані десяткові числа ……... 10
1.2 Перетворювачі кодів ……... 13
1.3 Паралельні регістри (регістри пам'яті) …….. 17
1.4 Пристрої введення інформації ……... 19
1.5 5 Пристрої відображення інформації …… 23
1.6 Контроль правильності проходження інформації ……... 25
2 Розробка системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію ……. 28
2.1 Розрахунок пристрою введення інформації ……. 29
2.1.1 Кодуючий пристрій на основі сканованої клавіатури …….. 29
2.1.2 Вибір схеми генератора імпульсів ……. 33
2.1.3 Шифратор клавіатури …….. 35
2.1.3 Буферний регістр ……. 38
2.1.4 Пристрій відображення інформації …… 39
2.2 Перетворювач двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код …….. 47
2.3 Схема контрольного автомата …….. 49
2.4 Загальна схема системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію ……... 51
3 Охорона праці та техногенна безпека …….. 53
3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів ……. 53
3.2 Заходи з поліпшення умов праці ……... 54
3.3 Виробнича санітарія ……... 57
3.4 Електробезпека ……... 59

3.5 Пожежна та техногенна безпека …… 61
3.6 Розрахунок захисного заземлення ……..… 63
Висновки та рекомендації …… 65
Перелік посилань …….. 66
Додаток А …….. 68

Вступ

Способи захисту інформації включають використання апаратних засобів і пристроїв, а також впровадження спеціалізованих технічних засобів і програмного забезпечення.

Інтегральні схеми, на яких заснована робота мікроелектронних систем, створюють високочастотні зміни рівня напруги і струмів. Коливання поширюються по дротах і можуть не лише трансформуватися в доступну для розуміння форму, але і перехоплюватися спеціальними пристроями. У комп'ютер або монітор можуть встановлюватися пристрою для перехоплення інформації, яка виводиться на монітор або вводиться з клавіатури.

Зазвичай в процесі кодування інформація перетворюється з форми, зручної для безпосереднього використання, у форму, зручну для передачі, зберігання або автоматичної обробки. У більш вузькому сенсі кодуванням інформації називають представлення інформації у вигляді коду. Засобом кодування служить таблиця відповідності знакових систем, яка встановлює взаємно однозначну відповідність між знаками або групами знаків двох різних знакових систем.

При проектуванні пристроїв кодування інформації виникає необхідність забезпечення введення інформації за допомогою клавіатури. Клавіатура – це набір комутаційних елементів – клавіш, при дії на яких формуються електричні сигнали. Клавішні, кнопкові або валкодерні пристрої введення інформації в даний час є найпоширенішими пристроями в мікроконтролерних приладах. Клавіатури комп'ютерів кнопкові поля телефонів, пультів дистанційного керування, панелі управління у вимірювальних і побутових приладах – далеко неповний перелік прикладів використання клавіатурних інтерфейсів.

Дуже часто цифрову і командну інформацію необхідно вводити через невелику клавіатуру. Проте введення інформації з клавіатури не основна функція цих пристроїв, тому число ліній для зв'язку з клавіатурою має бути мі-

німальне. У періодичній літературі і Інтернеті з даної тематики зустрічаються розрізнені описи різних варіантів підключення клавіатури, які мінімізують кількість використаних ліній зв'язку.

У керівних мікроконтролерних системах дуже часто використовуються прості і дешеві некодуючі клавіатури які є сканованою матрицею кнопок. Без використання додаткових інтерфейсних мікросхем кількість ліній зв'язку такої клавіатури з мікроконтролером дорівнює N/2, де N – кількість кнопок.

Серед методів, які дозволяють мінімізувати кількість ліній зв'язку можна виділити наступні: використання дільників резисторів, регістрів зсуву, двійкових лічильників. При практичній реалізації даних методів доводиться вирішувати наступні проблеми: адекватність розпізнавання номера клавіші і відповідність часу відгуку швидкодії опитуваного пристрою.

Актуальністю роботи являється розрахунок та розробка описаних у літературі схемотехнічних рішень, для реалізації інтерфейсів з клавіатурами і приведення практичних рекомендацій по їх використанню.

1 Системи та методи кодування цифрової інформації

Цифрові мікроелектронні системи виконують арифметичні і логічні операції, при цьому використовується два класи змінних: числа і логічні змінні [1].

Числа несуть інформацію про кількісні характеристики системи; над ними здійснюються арифметичні дії.

Логічні змінні визначають стан системи або приналежність її до певного класу станів (комутація каналів, управління роботою мікроконтролерних систем за програмою і т. п.).

Для формального опису логічної сторони процесів в цифрових пристроях використовується алгебра логіки.

Алгебра логіки має справу з логічними змінними, які можуть набувати лише два значення 1 або 0. При цьому 1 і 0 не можна трактувати як числа, над ними не можна виконувати арифметичні дії.

Для кодування числової інформації використовується десяткова система числення з підставою 10 (A_{10}), в якій використовується 10 елементів позначення: числа 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. У першому (молодшому) розряді вказується число одиниць, в другому – десятків, в третьому – сотень і т. д. Іншими словами, в кожному наступному розряді вага розрядного коефіцієнта збільшується в 10 разів [1].

У цифрових пристроях обробки інформації використовується двійкова система числення з підставою 2 (A_2), в якій використовується два елементи позначення: 0 і 1.

$$A_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot (10^i) = A_2 = \sum_{j=0}^{n-1} a_j \cdot (2^j);\ a_i = 0, 1, 2, \dots, 9;\ a_j = 0, 1. \qquad (1.1)$$

Вага розрядів справа наліво від молодших розрядів до старших збільшується в 2 рази, тобто має таку послідовність: 8421. У загальному вигляді послідовність має вигляд:

$$\dots\ 2^5\ 2^4\ 2^3\ 2^2\ 2^1\ 2^0\ 2^{-1}\ 2^{-2}\ 2^{-3}\ \dots$$

Найбільш зручна десяткова система числення DEC«10». Тому багато цифрових пристроїв, працюючи з двійковими числами, здійснюють прийом і видачу десяткових чисел. Для представлення інформації в десятковій системі числення і виконання операцій над десятковими числами в цифрових пристроях використовується двійково-десяткове кодування, при якому кожна десяткова цифра представляється групою двійкових цифр. Число біт в таких групах строго фіксується, повинно бути не менше чотирьох, із збереженням всіх лівих нульових розрядів [2].

Двійково-десятковий код BCD утворюється заміною кожної десяткової цифри числа чотирьохрозрядним двійковим представленням цієї цифри в двійковому коді (табл. 1.1). При цьому в кожному байті розташовуються одна десяткова цифри. Двійково-десятковий код при такому перетворенні не є двійковим числом, еквівалентним десятковому числу.

Таблиця 1.1 - Коди чисел від 0 до 15

DEC«10»	BIN«2»	BCD
0	0000	0000 0000
1	0001	0000 0001
2	0010	0000 0010
3	0011	0000 0011
4	0100	0000 0100
5	0101	0000 0101
6	0110	0000 0110
7	0111	0000 0111
8	1000	0000 1000
9	1001	0000 1001
10	1010	0001 0000
11	1011	0001 0001
12	1100	0001 0010
13	1101	0001 0011
14	1110	0001 0100
15	1111	0001 0101

Найбільш природним і популярним вважається код прямого заміщення, в якому кожна цифра десяткового числа замінюється відповідним чотирьохрозрядним двійковим числом (натуральним двійковим кодом). Його інша на-

зва код BIN«2» відображає значення вагових множників $2^3 – 2^2 – 2^1 - 2^0$, які приписуються відповідним бітам в кодуючий групі, у зв'язку з чим називається також зваженим кодом. Зручності цього коду виявляються при машинному перекладі з десяткової системи в двійкову і назад, а також при підсумовуванні на звичайних двійкових суматорах завдяки його адитивності (сума коду двох цифр представляє код суми) [1].

1.1 Двійково-кодовані десяткові числа

Двійково-кодоване десяткове число - це десяткове число, кожна цифра якого представлена в двійковій формі. Одна з перших числова система кодування десяткових чисел двійковим кодом (Binary-coded decimal - BCD) була використана в великих і середнього розміру комп'ютерних системах фірми IBM. Система BCD кодує кожну цифру десяткового числа 4-розрядним двійковим кодом. Коли використовується 8-розрядне число, тобто байт, то старші 4 біти називають зоною, а молодші - цифрою. Ця домовленість прийшла з часів перфокарт, де кожна колонка карти могла мати "зональний отвір" в одній з двох верхніх стрічок і "цифровий отвір" в одній з десяти нижніх стрічок. Старші чотири розряди в байті BCD використовуються для представлення знаку, який може мати одне з трьох значень: число без знаку представляється кодом 1111; додатне число представляється кодом 1100; від'ємне число представляється кодом 1101. Кодування для двійково-кодованих десяткових чисел показане в таблиці 1.2 [3].

Як видно з таблиці, шість можливих двійкових значень (від 1010 до 1111) не використовуються. Хоча втрачається приблизно 40 % можливих значень, але набуваються значні переваги в точності. Наприклад, десяткове число 0,3, перетворене в двійковий код та обмежене 8-розрядною сіткою, при зворотному перетворенні має значення 0,296875, тобто похибка складає приблизно 1,05 %.

Таблиця 1.2 – Кодування для двійково-кодованих десяткових чисел

Цифра	Код BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
Зони	
1111	Без знаку
1100	Додатне
1101	Від'ємне

В коді BCD число запам'ятається безпосередньо як 1111 0011, не допускаючи жодної помилки.

Цифри в коді BCD займають лише чотири розряди, тому можна зберегти місце і спростити обчислення, розмістивши поряд числа з одним знаком. Цей процес називається пакуванням, а сформовані числа - пакованими десятковими числами.

Проведемо кодування числа -1265 трьома байтами, використовуючи паковані цифри коду BCD.

Зонне десяткове кодування для числа 1265 є наступним:

11110001 11110010 11110110 11110101

Після пакування отримаємо:

00010010 0110 0101

Додавши знак після цифри молодшого розряду і заповнивши цифру старшого розряду одиницями до 3 байтів, отримаємо:

111100010010 0110 0101 1101.

Код BCD знайшов найбільше поширення в обчислювальній техніці. Цей код зручний для виконання перетворення з десяткової системи у двійкову і навпаки. Цей код адитивний, тобто сума представлення двох цифр є кодом їх суми.

Разом з тим, використання цього коду пов'язане з труднощами пошуку переносу в наступний десятковий розряд і важкістю переходу до оберненого та доповняльного коду для десяткових чисел. Це пояснюється тим, що код 8421 не є самодоповнюючим, тобто інверсія його двійкових цифр не дає коду доповнення десяткової цифри до 9 [3].

Оскільки апаратура ЕОМ виконується на елементах булевої алгебри і для представлення двійкових станів застосовують символи 0 і 1, то ці ж символи слід використовувати і для позначення знаку числа.

Конкретну ілюстрацію прикладів різних числових код вестимемо для розрядної сітки з n = 8. Сітку з такою довжиною називають байтом. Байт є основною одиницею для двійкового кодування текстової (літерною) інформації не лише в ЕОМ, але і в системах передачі даних, а також є найменшою одиницею даних в більшості ЕОМ, що адресується. Окремі розряди сітки позначимо індексованою буквою b_i, i = 0,..., n-1 (bit - binary digit), причому 2_i буде вагою двійкового розряду. Корисно пам'ятати, що число без знаку (див. має позитивні ваги 2_i у всіх розрядах сітки. Для сітки з n = 8 маємо: $M = 256_{(10)} = 100000000_{(2)}$; $N_{max} = 255_{(10)} = 11111111_{(2)}$. Для запису M у вигляді двійкового числа потрібно дев'ять розрядів, тобто таке число не можна представити в 8-мі розрядній сітці (ємкість розрядної сітки дорівнює вазі розряду, наступного за її старшим розрядом).

Кодуючи розряд b_7 символом 0 для знаку “+” і символом 1 для знаку ”–”, а в розрядах $b_6...,b_0$ поміщаючи модуль числа, отримаємо представлення чисел із знаком в прямому коді. Важливою особливістю прямого коду є те,

що цифру знакового розряду і цифрову частину числа не можна розглядати як єдине ціле, оскільки кодується лише знак числа. Максимальне позитивне число рівне +127 = 01111111, тобто ($2^{n-1} - 1$). Мінімальне (максимальне по модулю) негативне число рівне –127 = 11111111. Нуль має два представлення: позитивний нуль +0 = 00000000 і негативний нуль –0 = 10000000.

Переваги прямого коду: цифрові розряди містять модуль чисел, які представляються, що забезпечує наочність їх причитування в цьому коді; просто здійснюється складання чисел, які мають однакові знаки, а також ділення і множення, коли операції із знаками і модулями ведуться окремо; кількість позитивних і негативних чисел однакова.

Недоліки прямого коду:: складно складати і віднімати числа з різними знаками, оскільки, наприклад при складанні, доводиться визначати більше по модулю число, виконувати віднімання чисел і привласнювати результату знак більшого по модулю числа; нуль має два представлення.

Прямий код широко використовується для зберігання чисел в пам'яті, в пристроях введення-виведення, в цифро-аналогових і аналогово-цифрових перетворювачах.

1.2 Перетворювачі кодів

Операція зміни коду числа називається його перекодуванням. Інтегральні мікросхеми, що виконують ці операції, називаються перетворювачами коду (ПК). Перетворювачі коду бувають прості і складні. До простих відносяться перетворювачі, які виконують стандартні операції зміни коду чисел, наприклад, перетворень двійкового коду в десятковий або зворотну операцію. Складні перетворювачі коду виконують нестандартні перетворення коду і їх схеми доводиться розробляти кожен раз за допомогою алгебри логіки [3].

По своїй структурі перетворювачі коду являються дешифраторами, тільки вони перетворюють двійковий код в сигнали не лише на одному, але і на декількох виходах.

Вважатимемо, що перетворювачі коду мають n входів і m виходів. Співвідношення між n і m можуть бути будь-якими: n = m, n < m і n > m. При перетворенні кодів чисел з ними можуть виконуватися різні додаткові операції, наприклад, множення на вагові коефіцієнти.

Перетворювачі коду можуть бути ваговими і не ваговими. Вагові ПК перетворюють інформацію з однієї системи числення в іншу. Основне призначення не вагових – перетворення інформації для її подальшого відображення [1].

На основі досвіду побудови цифрових пристроїв еволюційно виокремились деякі функціональні блоки складені з простих логічних елементів (ЛЕ), за допомогою яких здійснюється проектування переважної більшості ПК. Такі функціональні блоки почали випускатись у вигляді інтегральних схем (ІС), зменшуючи тим самим кількість корпусів ІС та знижуючи собівартість готового пристрою. Тому є доцільність розглянути детальніше особливості їх функціонування.

Пристрої комутування цифрових сигналів можуть мати або n інформаційних входів та один вихід для реалізації функції мультиплексування (під'єднаних двох чи більше ліній на одну спільну) або один вхід і m виходів для реалізації оберненої процедури – демультиплексування. Таке функціонування забезпечують відповідно мультипексор і демультиплексор.

Мікросхеми функціональних ПК перетворення та комутування цифрових сигналів, крім інформаційних входів, можуть мати ще додаткові входи керування - ІЕ (дозвіл по входу) і ОЕ (дозвіл по виходу). За допомогою входів дозволу ІЕ і ОЕ можна реалізувати також нарощення розрядності (збільшення числа входів або виходів) каскадуванням відповідних ІС.

Перетворювачі кодів призначені для перетворення одного різновиду цифрового коду в інший. Необхідність у таких перетворювачах для цифрових пристроїв пояснюється тим, що в деяких випадках технічно вигідніше і навіть точніше виконувати певні операції з допомогою інших кодів, а не лише

одним двійковим кодом. Різновидів цифрових кодів є дуже багато, і кожен з них має свої переваги при застосуванні в своїх галузях.

Найчастіше виникає необхідність у перетворенні двійкового коду в інший, і навпаки, наприклад, у перетворенні прямого двійкового коду в обернений чи доповняльний код. Перетворювачі кодів необхідні насамперед для технічної реалізації різних арифметичних операцій над двійковими числами, а також для вводу та виводу числової інформації з однієї системи числення в іншу.

На відміну від дешифратора перетворювач кодів може формувати довільні двійкові числа. Кожному вхідному набору (слову) ставиться у відповідність вихідний набір (слово), а не унітарний код, як це має місце у дешифратора. Прикладом може бути перетворювач двійково-десяткового коду (8-4-2-1) у семирозрядний код, який призначений спеціально для керування семисегментним індикатором.

На рисунку 1.1 показано спрощену схему ввімкнення двійково-десяткового перетворювача коду в семирозрядний код типу К514ИД1 для цифрового світлодіодного десяткового семисегментного індикатора типу АЛС304А (АЛС324).

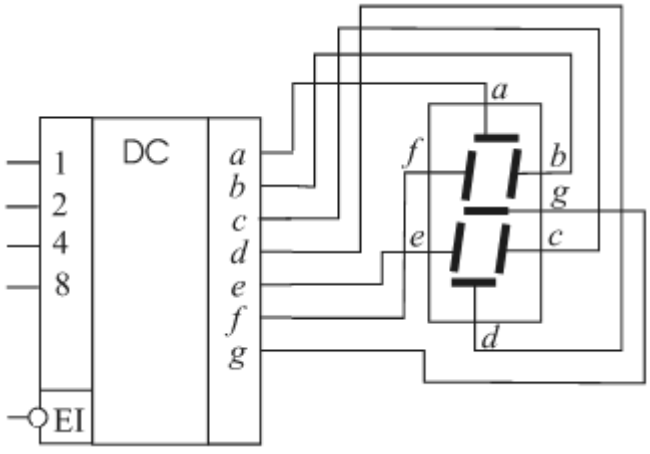


Рисунок 1.1 - Ввімкнення перетворювача коду 514ИД1 та семисегментного індикатора АЛС304А

Мікросхеми серії К514 допускають роботу з вихідними рівнями ЛЕ ТТЛ. Залежно від двійково-десяткового коду (8-4-2-1) на інформаційних входах дешифратора та при E1=1 на відповідних виходах з'являються активні високі рівні, які викликають світіння відповідних сегментів індикатора, тобто зображення десяткових цифр від 0 до 9 згідно з поданою таблицею істинності (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Коди для зображення десяткових цифр від 0 до 9

Десяткова цифра	ДДК (8-4-2-1)				Семирозрядний код						
	X3	X2	X1	X0	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

Як видно з таблиці 1.3, у даного перетворювача-дешифратора 4 в 7 є шість невикористаних вхідних кодових комбінацій 1010, 1011, 1100, 1101, 1101, 1110, 1111. Для них функції можуть набувати значення 0 або 1. Їх можна, наприклад, використати для індикації малих букв латинського алфавіту, однак для цього слід сконструювати свій власний перетворювач двійкового коду в візуальний код семисегментного індикатора. Тому використання ІС типу К514ИД1 є зручним у випадку потреби відображення тільки цифрової інформації.

До перетворювачів двійкового десяткового коду (ДДК) у семирозрядний код належать також мікросхеми дешифраторів, які мають також виходи з

відкритими колекторами КІ76ИД2(3), К155ПП5. Перетворювачі на мікросхемах К(М)155ИД8А(Б) і К(М)155ИД9 це дешифратори ДДК для керування індикаторами, які складаються відповідно з 20 і 27 окремих світлодіодів, а дешифратор К(М)155ИД9 може працювати з напівпровідниковими індикаторами, що мають спільний анод. Все більшого застосування набувають перетворювачі ДДК у коди латинської (К155РЕ22) та російської (К155РЕ21) абетки, а також у код додаткових знаків-символів (К155РЕ23). Ці мікросхеми побудовані за принципом маскових ПЗП об'ємом (256×4)біт.

1.3 Паралельні регістри (регістри пам'яті)

Паралельні регістри - це пристрої, призначені для запису, зберігання і надання інформації, представленої у вигляді двійкового коду. Для зберігання кожного двійкового розряду в регістрі використовується одна тригерна комірка. Для запам'ятовування багаторозрядних слів необхідне число тригерів об'єднують разом і розглядають як єдиний функціональний вузол – регістр.

Структурна схема регістра цього типу представлена на рисунку 1.2. Запис інформації в паралельні регістри здійснюється паралельним кодом, тобто у всі розряди регістра одночасно. Їх функція зводиться лише до прийому, зберігання і передачі інформації. У зв'язку з цим паралельні регістри називають регістрами пам'яті [1].

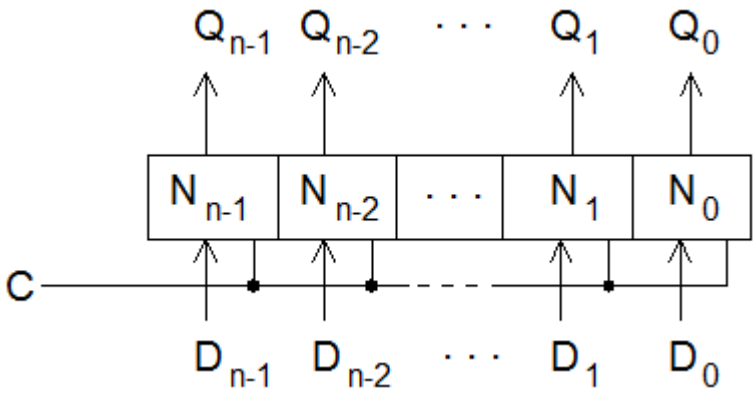


Рисунок 1.2 – Структурна схема паралельного регістра

Інформація (число) записується у всі розряди регістра, у всі D – тригери одночасно, тобто паралельним кодом. При подачі управляючого сигналу C = 1, інформація по входах D1 – D4 записується одночасно у відповідні розряди чотирьох D – тригерів (рис. 1.3).

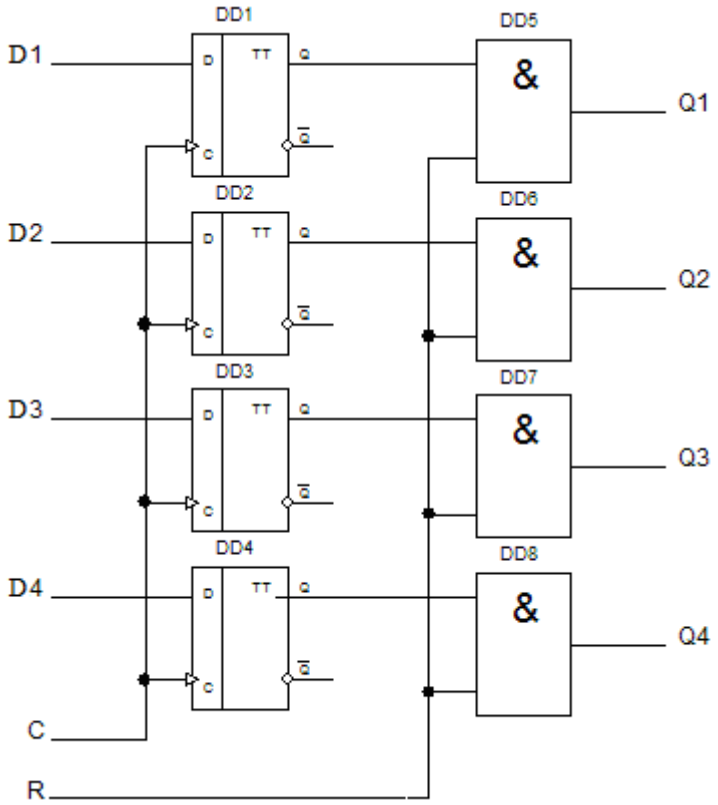


Рисунок 1.3 – Паралельний регістр на тактованих D – тригерах

При C = R = 0 інформація зберігається в регістрі пам'яті, а при R = 1 відбувається паралельне зчитування інформації.

Умовним зображенням регістра на рисунку 1.4 (а) користуються тоді, коли на схемі необхідно показати кожен вхід і вихід даних. Якщо ж тракт даних розглядається як єдине, збільшене поняття (шина даних), то користуються позначенням, показаним на рисунку 1.4 (б).

Регістри, які випускаються промисловістю, інколи об'єднують на кристалі мікросхеми з іншими вузлами, в парі з якими регістри часто використовуються в схемах цифрової апаратури.

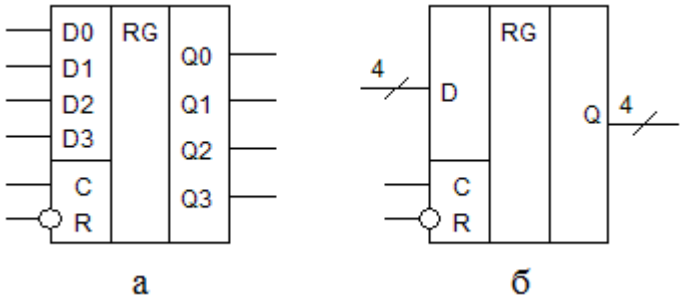


Рисунок 1.4 – Умовне позначення паралельного регістра

1.4 Пристрої введення інформації

Будь-яка цифрова система, разом з центральною частиною, яка виконує логічну обробку і перетворення інформації, додатково містить засоби введення і виведення інформації. Як пристрої введення, для формування керуючих і кодових сигналів, можуть використовуватися кнопкові перемикачі і контактні клавіатури. Як пристрої виведення широко застосовують точкові, цифрові, знакові індикатори і індикаторні табло на їх основі або інші пристрої мікроелектронної техніки [5].

Розрізняють два типи клавіатур: кодуючі і некодуючі. У клавіатурах першого типа при натисненні на клавішу, схемою контролера клавіатури формується відповідний цій клавіші код. До даного типа належать комп'ютерні клавіатури, зокрема клавіатура IBM PC AT. У керуючих мікроконтролерних системах використовуються прості і дешеві некодуючі клавіатури, які являються сканованою матрицею кнопок. Вироджений варіант матриці – один рядок або стовпець утворює позиційний код, де кожній кнопці відповідає свій розряд.

Сигнал за допомогою кнопкових перемикачів формується шляхом замикання – розмикання ними електричного кола.

У сучасних клавіатурах використовується декілька типів клавіш. У більшості клавіатур встановлені механічні перемикачі, в яких відбувається за-

микання електричних контактів при натисненні клавіш. У деяких клавіатурах високого класу використовуються безконтактні ємнісні датчики.

Найширше поширені контактні клавіатури. Існують наступні їх різновиди: з механічними перемикачами; із замикаючими накладками; з гумовими ковпачками; мембранні.

У чисто механічних перемикачах відбувається замикання металевих контактів. У них для створення “дотикового” зворотного зв'язку встановлюється додаткова конструкція з пружини і пом'якшувальної пластинки. При цьому відчувається опір клавіші і чутне клацання.

Механічні перемикачі дуже надійні, їх контакти зазвичай самоочищаються. Вони витримують до 20 мільйонів спрацьовувань і стоять другими по довговічності після ємкісних датчиків. Клавіатури з механічними перемикачами, не дивлячись на свою довговічність і тактильний зворотний зв'язок, набули значно меншого поширення, ніж мембранні клавіатури.

У клавішах із замикаючими накладками прокладка з пористого матеріалу з приклеєною знизу фольгою з'єднується з кнопкою клавіші (рис. 1.5).

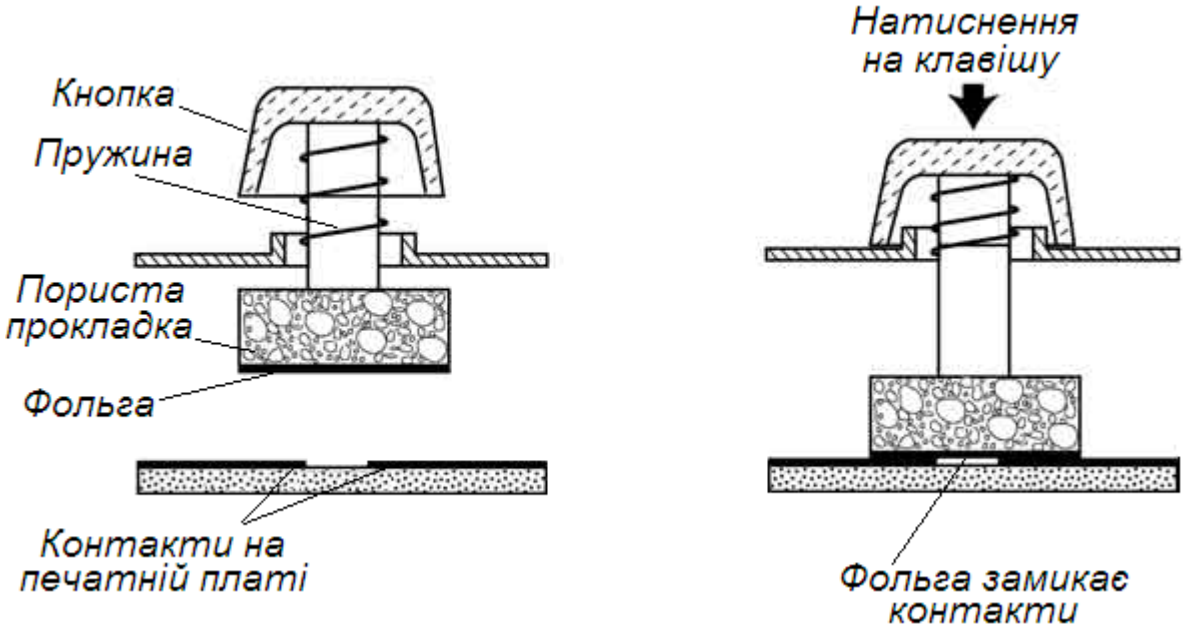


Рисунок 1.5 – Конструкція клавіши з накладкою з фольги, що замикає

При натисненні клавіші фольга замикає печатні контакти на платі. Коли клавіша відпускається, пружина повертає її у вихідне положення. При

цьому пориста прокладка пом'якшує удар, але клавіатура стає дуже “м'якою”. Основний недолік цієї конструкції – відсутність клацання при натисненні (немає зворотного зв'язку), тому в системах з такою клавіатурою часто доводиться програмним чином виводити на вбудований динамік комп'ютера якінебудь звуки, що свідчать про наявність контакту. Клавіатура чутлива до корозії фольги і забруднення контактів на печатній платі.

Клавіатура з гумовими ковпачками схожа на попередню конструкцію, але перевершує її у багатьох відношеннях. Замість пружини в ній використовується гумовий ковпачок із замикаючою вставкою з тієї ж гуми, але з вугільним наповнювачем. При натисненні клавіші шток натискає на гумовий ковпачок, деформуючи його. Деформація ковпачка спочатку відбувається пружно, а потім він “провалюється”. При цьому вугільний наповнювач замикає провідники на печатній платі. При відпусканні гумовий ковпачок набуває первинної форми і повертає клавішу у вихідний стан.

Замикаючі вставки робляться з очищеного вугілля, тому вони не схильні до корозії і самі по собі очищають металеві контакти, до яких притискаються. Ковпачки зазвичай пресуються всі разом у вигляді листів гуми, що покривають плату цілком і що захищають її від пилу, грязі і вологи. Кількість деталей в такій конструкції мінімальна. Все це забезпечує високу надійність клавіатури і її широке поширення.

Мембранна клавіатура є різновидом попередньої, але в ній немає окремих клавіш: замість них використовується аркуш з розміткою, який укладається на пластину з гумовими ковпачками. Мембранні клавіатури часто використовуються в пультах управління (верстатами, агрегатами і тому подібне), тобто там, де необхідно вводити великі об'єми даних.

Ємністні датчики єдині безконтактні перемикачі, що набули широкого поширення (рис. 1.6). Клавіатури з такими датчиками стійкіші до забруднення і корозії через відсутність електричних контактів. Для забезпечення зворотного зв'язку в цих клавіатурах використовуються циліндрові (гвинтові) пружини.

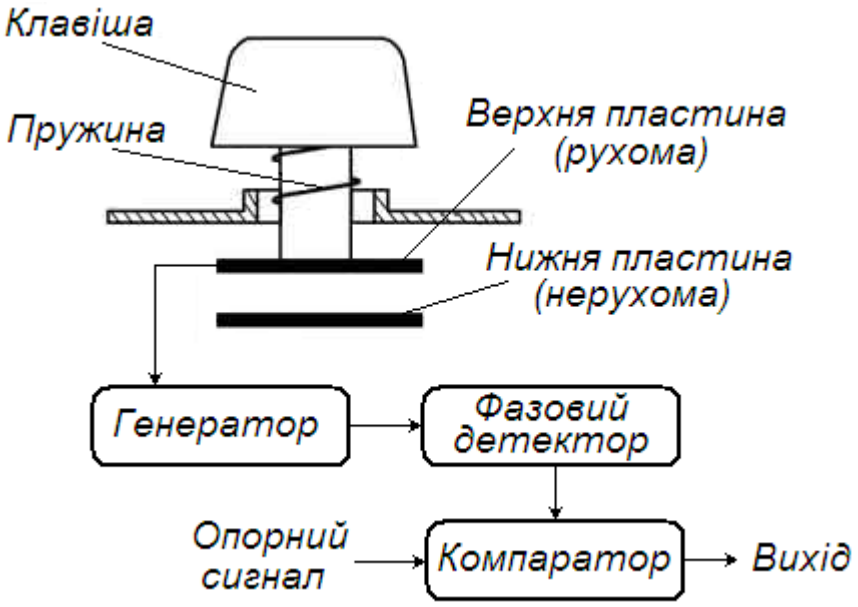


Рисунок 1.6 – Клавіатура з ємнісним датчиком

У ємнісних датчиках немає замикаючих контактів. Їх роль виконують дві пластинки, що зміщуються відносно одна одної, і спеціальна схема, що реагує на зміну ємності між ними. Клавіатура є набором таких датчиків.

При натисненні клавіші шток зміщує верхню пластину ближче до нерухомої нижньої. Клавіші сконструйовані так, що перехід між пластинами відбувається стрибкоподібно і при цьому чутне клацання.

Коли верхня пластина наближається до нижньої, ємність між ними збільшується, що реєструється схемою компаратора, встановленою в клавіатурі.

У клавіатурі практично відсутнє “брязкотіння” (явище, коли при одному натисненні на клавішу символ вводиться кілька разів підряд).

Формування кодових сигналів виконується в кодуючих пристроях. Додатковими функціями кодуючого пристрою є: формування сигналу «Гот.» (готовність) для управління перезаписом сформованого коду, блокування роботи при одночасному натисненні декількох клавіш і захист від брязкоту.

Кодуючий пристрій, функціональна схема якого показана на рисунку 1.7, містить: клавіатуру введення (КЛ); блок кодування (БК); вузол захисту і формування вихідних сигналів (ВФС) (знак n на шині показує число ліній в цій шині). Найбільшого поширення набули комбінаційні кодуючи пристрої і пристрої із сканованою клавіатурою.

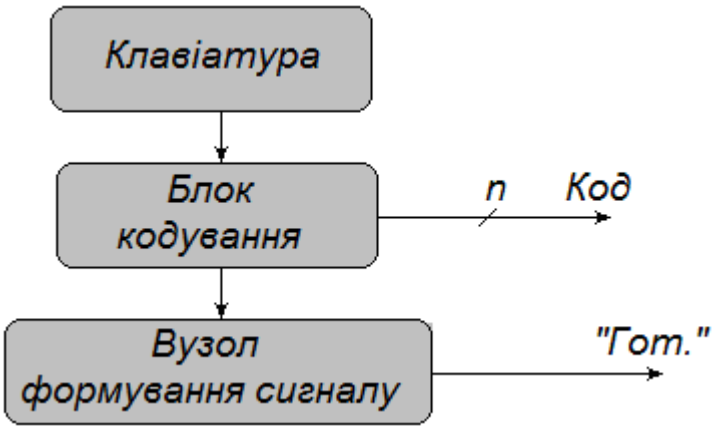


Рисунок 1.7 – Структурна схема кодуючого пристрою

1.5 Пристрої відображення інформації

Для відображення цифрової інформації в мікропроцесорних пристроях застосовуються різні індикатори. У основі принципів дії індикаторів лежать різні фізичні явища, такі як низьковольтна катодолюмінісценція, інжекційна і передпробійна електролюмінісценція, випромінювання газового розряду, різні електрооптичні ефекти і т. п. Індикатори розрізняються функціональними можливостями і призначенням, конструктивним і технологічним виконанням.

Найбільшого поширення набули світлодіодні і рідкокристалічні індикатори завдяки низькій напрузі і слабким струмам в робочому режимі. Вживання подібних індикаторних елементів полегшується завдяки наявності безлічі інтегральних драйверів.

Літеро-цифрові індикатори призначені для відображення інформації у вигляді цифр, літер і різних символів. Розрізняють наступні види літеро-цифрових індикаторів: накальні; газорозрядні; світлодіодні; вакуумні електролюмінесцентні; рідкокристалічні. Накальні і газорозрядні індикатори в даний час практично не застосовуються. Приведемо деякі інші типи індикаторів, що не увійшли до перерахованих вище типів: накальні індикатори – лампи; накальні вакуумні індикатори; накальні індикатори на флуоресціюючих

стеклах; газорозрядні неонові лампи; газові електронно-світлові індикатори; тиратрони тліючого розряду; газорозрядні знакові індикатори; газорозрядні індикаторні панелі; електронно-променеві індикатори; термоіндикатори і т. д.

Семисегментні світлодіодні індикатори призначені для відображення інформації у вигляді цифр і включають в свій склад вісім світлодіодів, сім з яких мають форму сегментів, а один, восьмий - крапка (рис. 1.8).

Семисегментні індикатори випускаються двох видів – з об'єднаним анодом або з об'єднаним катодом, для зменшення числа контактних виводів індикатора .

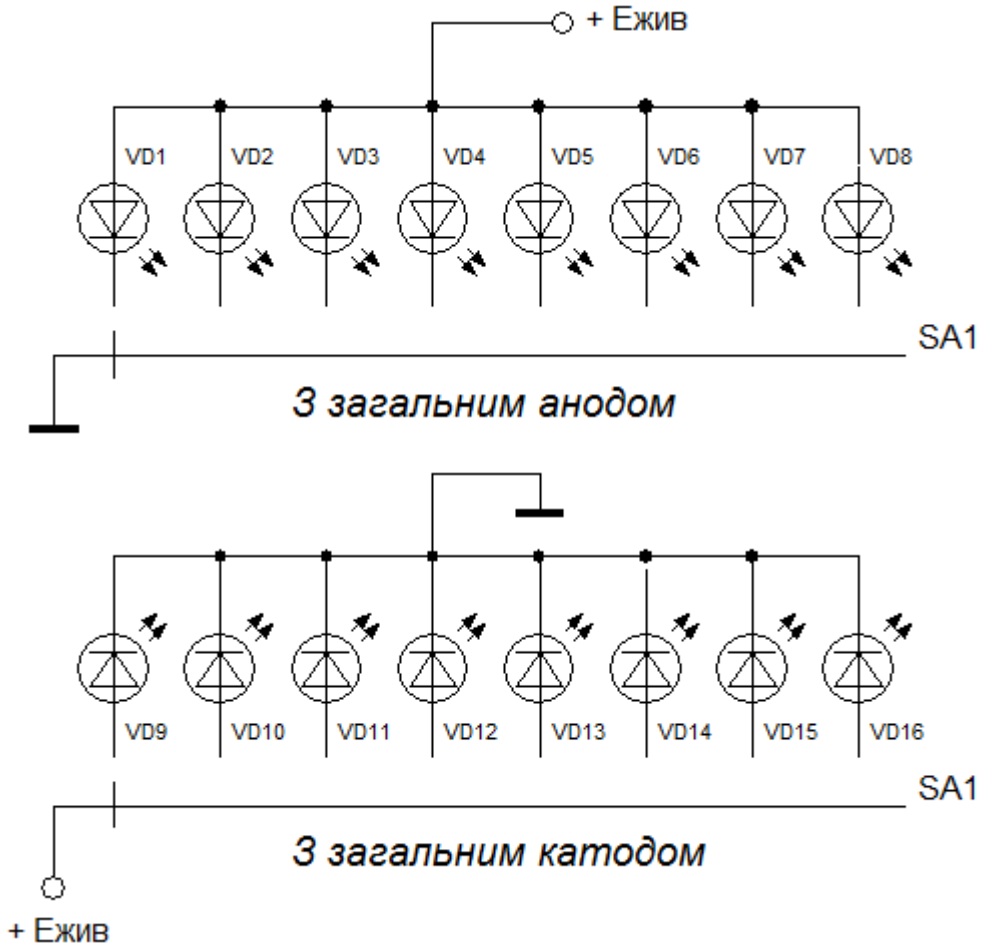


Рисунок 1.8 – Семисегментний світлодіодний індикатор

Для активації 5, 7 або 9 сегментного індикатора при структурі із загальним анодом досить на об'єднаний анод всіх діодів подати позитивну напругу (близько 2 В). На катоди потрібних діодів подається потенціал землі. Вибрані діоди запалюються за рахунок прямого струму, що протікає скрізь них.

Катоди невживаних діодів можна підключити до позитивної напруги або залишити непідключеними.

Для структури із загальним катодом на об'єднаний катод подається потенціал землі. На аноди потрібних діодів подається позитивна напруга.

Стилізоване зображення цифр (та деякого набору літер) складають із семи лінійних сегментів, розташованих у вигляді цифри вісім (рис. 1.9).

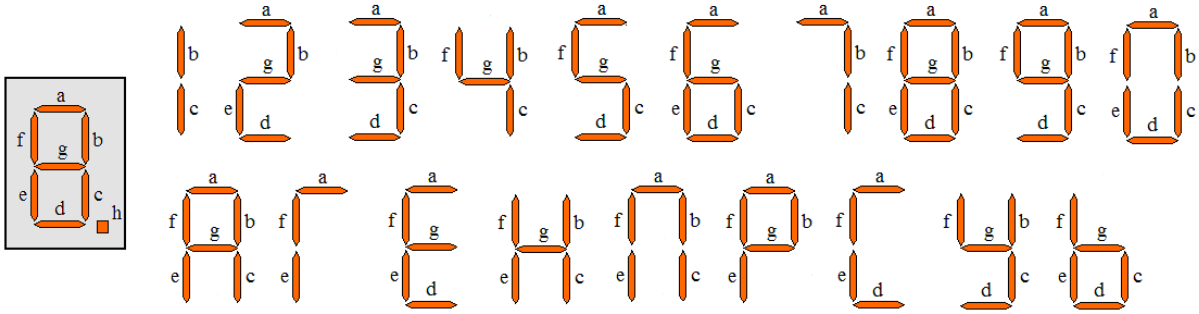


Рисунок 1.9 – Зображення знаків на семисегментному індикаторі

1.6 Контроль правильності проходження інформації

Контрольні автомати являються широким класом комбінаційних схем, призначених для перевірки закодованої інформації, яка передається або приймається в системах зв'язку або для перевірки правильності функціонування складних багатотактних пристроїв.

В цифрових автоматичних пристроях можуть виникати помилки, які призводять до спотворення інформації. Тому при проектуванні цифрових пристроїв застосовують контрольні автомати, які призначені для виявлення помилок. В основі роботи таких автоматів лежить використання контролюючих та коригуючи кодів. Вирішення всіх проблем контролю можливе лише за наявності певної надлишкової інформації, яка супроводжує основну інформацію. Як відомо для представлення числа в у будь-якому коді, тобто, при кодуванні інформації, необхідно доповнити її додатковими, контрольними бітами в цьому коді.

Схема контролю парності застосовується для виявлення одиночних помилок, викликаних перешкодами в лінії зв'язку або в блоках пам'яті. Метод заснований на підрахунку числа одиниць в переданих в лінію або переданих в пам'ять на зберігання порції інформації, причому, якщо число одиниць парне - функція парності P (Parity) дорівнює нулю [7]. Для чотирьохрозрядного двійкового числа таблиця станів схеми контролю парності представлена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Таблиця станів схеми контролю парності

Входи				Вихід
Y4	Y3	Y2	Y1	P
0	0	0	0	×
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Рівняння функціонування:

$$P = \overline{Y4}\,\overline{Y3}\,\overline{Y2}Y1 + \overline{Y4}\,\overline{Y3}Y2\,\overline{Y1} + \overline{Y4}Y3\,\overline{Y2}\,\overline{Y1} + \overline{Y4}Y3Y2Y1 + Y4\,\overline{Y3}\,\overline{Y2}\,\overline{Y1} + Y4\,\overline{Y3}Y2Y1 +$$
$$+ Y4Y3\,\overline{Y2}Y1 + Y4Y3Y2\,\overline{Y1} = \overline{Y4}\,\overline{Y3}(\overline{Y2}Y1 + Y2\,\overline{Y1}) + \overline{Y4}Y3(\overline{Y2}\,\overline{Y1} + Y2Y1) +$$
$$+ Y4\,\overline{Y3}(\overline{Y2}\,\overline{Y1} + Y2Y1) + Y4Y3(\overline{Y2}Y1 + Y2\,\overline{Y1}) = \overline{Y4}\,\overline{Y3}(Y2 \oplus Y1) + \overline{Y4}Y3(\overline{Y2 \oplus Y1}) +$$
$$+ Y4\,\overline{Y3}(\overline{Y2 \oplus Y1}) + Y4Y3(Y2 \oplus Y1) = (Y2 \oplus Y1)(\overline{Y4 \oplus Y3}) + (\overline{Y2 \oplus Y1})(Y4 \oplus Y3) =$$
$$= (Y2 \oplus Y1) \oplus (Y4 \oplus Y3)$$

Схемна реалізація і умовне позначення приведені на рисунку 1.10.

Символом М2 позначена операція - "сума по модулю два ".

По 4-дротяній лінії зв'язку (рис. 1.11) передається паралельний двійковий код Y4Y3Y2Y1, а приймається код Y4’Y3’Y2’Y1’ [1].

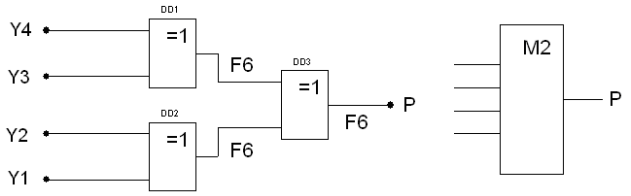


Рисунок 1.10 – Схема контролю парності

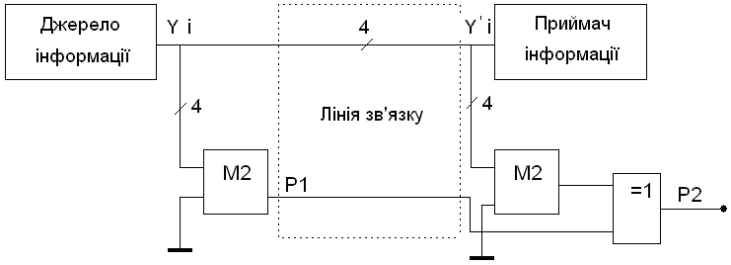


Рисунок 1.11 – Контроль передачі двійкового паралельного коду

Тоді величина P1 = (Y4⊕Y3) ⊕ (Y2 ⊕Y1). На приймальному кінці лінії зв'язку P2 = (Y4'⊕Y3') ⊕ (Y2'⊕Y1'). Підставляючи в останню формулу вираження для P1 і групуючи змінні в однойменні пари, отримаємо: P2 = (Y4⊕Y4') ⊕ (Y3⊕Y3') ⊕ (Y2⊕Y2')⊕ (Y1⊕Y1'). З останнього вираження виходить, що якщо передача пройшла без спотворень то $Y_i = Y'_i$ и $Y_i \oplus Y_i' = 0$, а P2 = 0. При спотворенні одного і в загальному випадку непарного числа біт функція P2 = 1.

Метою кваліфікаційної роботи являється розробка системи кодування двійково-десяткового цифрового коду, натиснутої клавіші клавіатури введення інформації, у натуральний двійковий код і передачі сигналу до виконавчого пристрою.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- розробити схему пристрою введення інформації з кнопкової клавіатури, та фіксації номера натиснутої клавіші у двійково-десятковому коді;

- розробити схему перетворювача двійково-десяткового цифрового коду в натуральний двійковий код;

- розробити схему контролю правильності передачі натурального двійкового коду до виконавчого пристрою.

2 Розробка системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію

Для розрахунку складових частин системи кодування двійково-десяткового сигналу в натуральний двійковий код, згідно з поставленим завданням, необхідно обрати схему зв’язку функціональних частин між собою (рис. 2.1).

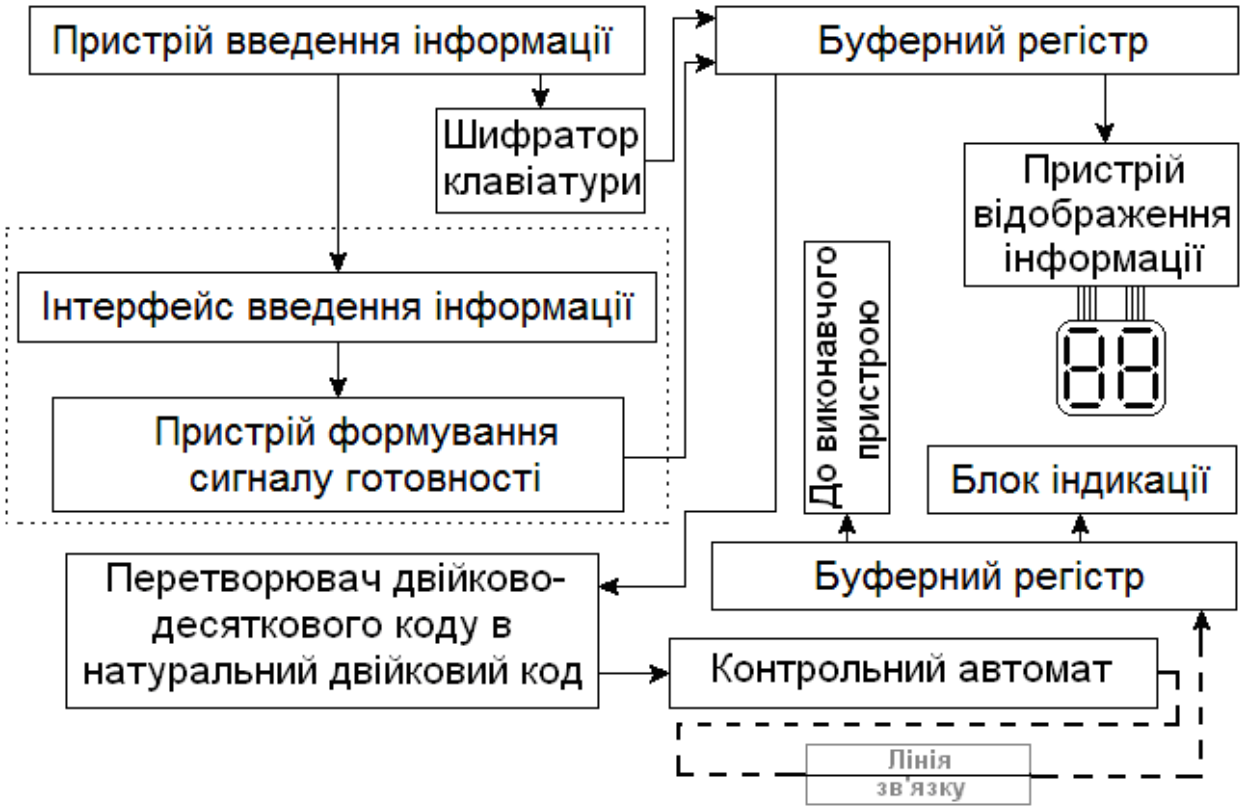


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію

Пристрій введення інформації являє собою 16-клавішну скановану клавіатуру. Інтерфейс введення інформації виконує сканування клавіш до фіксації натиснутої і формування сигналу «Готовий». Шифратор клавіатури перетворює інформацію номера натиснутої клавіші в двійково-десятковий код, який запам’ятовується у буферному регістрі по сигналу з пристрою форму-

вання сигналу готовності. Двійково-десятковий сигнал перетворюється у натуральний двійковий код, який передається по лінії зв'язку, через пристрій контролю правильності проходження інформації, фіксується буферним регістром і відображається на індикаторі. Далі сигнал передається через відповідний роз'їм до виконавчого пристрою.

2.1 Розрахунок пристрою введення інформації

2.1.1 Кодуючий пристрій на основі сканованої клавіатури

Розрахуємо кодуючий пристрій на основі сканованої клавіатури на 16 клавіш. Клавіші підключені до джерела живлення і можуть знаходитися в станах «0» і «1». Для сканування включення клавіш використовуємо мультиплексор, який працює відповідно до таблиці станів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця станів мультиплексора

Входи																					Вихід
№	Адреса				Натиснуті клавіші																
	A	B	C	D	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	Q
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_0
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_2
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_3
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_4
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_5
6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S_6
7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	S_7
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	S_8
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	S_9
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	S_{10}
11	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	S_{11}
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	S_{12}
13	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	S_{13}
14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	S_{14}
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	S_{15}

Математична модель функціонування мультиплексора:

$$Q = S_0\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + S_1\overline{A}\overline{B}\overline{C}D + S_2\overline{A}\overline{B}C\overline{D} + S_3\overline{A}\overline{B}CD + S_4\overline{A}B\overline{C}\overline{D} + S_5\overline{A}B\overline{C}D + S_6\overline{A}BC\overline{D} +$$

$$+ S_7\overline{A}BCD + S_8A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + S_9A\overline{B}\overline{C}D + S_{10}A\overline{B}C\overline{D} + S_{11}A\overline{B}CD + S_{12}AB\overline{C}\overline{D} + S_{13}AB\overline{C}D +$$

$$+ S_{14}ABC\overline{D} + S_{15}ABCD.$$

Термін «сканування клавіатури» означає послідовне опитування мультиплексором всіх її елементів.

Проведемо аналіз функціонування мультиплексора згідно з табличною та математичною моделями (рис. 2.2).

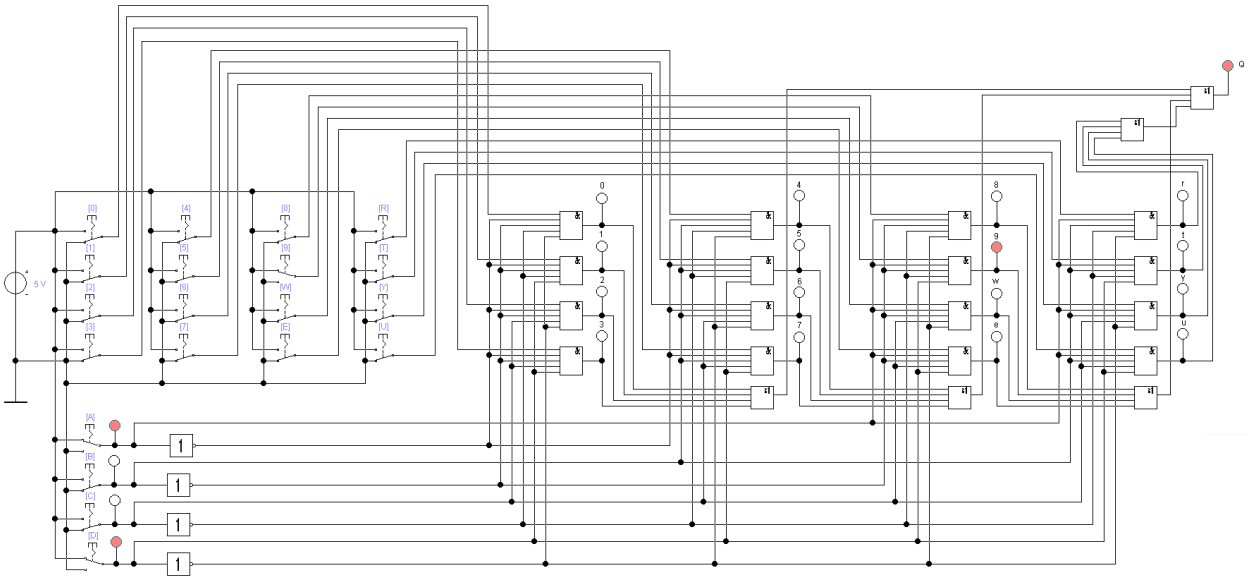


Рисунок 2.2 – Схемне моделювання мультиплексора клавіатури

На клавіатурі натиснута клавіша 9. Ця інформація за адресою 1001 передається в мультиплексор., що підтверджується відповідними індикаторами. Сигнал Q з виходу мультиплексора можливо отримати як у прямому так і у інверсному вигляді. Адресне сканування клавіш здійснюється за допомогою лічильника.

Лічильники - це цифрові автомати, внутрішні стани яких визначаються лише кількістю сигналів "1", які прийшли на вхід [4]. Сигнали "0" не змінюють їх внутрішні стани.

За призначенням лічильники можуть бути підсумовуючими, віднімаючими і реверсивними. Підсумовуючі лічильники виконують складання числа імпульсів, що поступають на вхід, з тим числом, яке зберігалося в ньому.

Тригер Т-типу є простим лічильником, який рахує до двох. Лічильник, утворений колом з m тригерів, зможе підраховувати в двійковому коді 2^m вхідних імпульсів. Кожен з тригерів в цьому колі називають розрядом лічильника. Для установки початкового стану лічильника (скидання в нуль) зазвичай передбачається вхід скидання [1].

Використаємо в схемі кодуючого пристрою двійковий підсумовуючий лічильник з поділом частоти. Мікросхема К155ИЕ5 (рис. 2.3) містить рахунковий тригер (вхід С1), дільник на вісім (вхід С2), утворений сполученими послідовно тригерами.

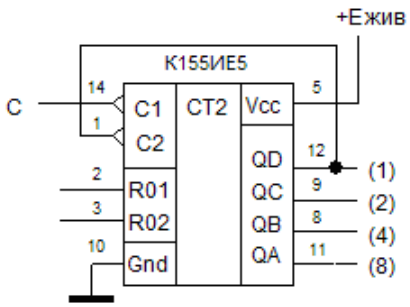


Рисунок 2.3 – Мікросхема К155ИЕ5

Тригери спрацьовують по зрізу вхідного імпульсу (переходу з 1 в 0). Якщо з'єднати послідовно усі 4 тригери, як показано на рисунку, вийде лічильник по модулю $2^n = 16$. Максимальне число, що зберігається в лічильнику при повному заповненні його одиницями, дорівнює: $N = 2^n - 1 = 15$ (A_{10}) = 1111 (A_2). Такий лічильник працює з коефіцієнтом рахунку $К_{рах.}$, кратним цілому ступеню числа 2 і в ньому здійснюється циклічний перебір $К_{рах.} = 2^n$ стійких станів (табл.. 2.2). Лічильник має виводи примусової установки в 0.

З аналізу таблиці видно:

- тригер молодшого розряду Q1 перемикається від кожного вхідного сигналу;

Таблиця 2.2 – Таблиця станів лічильника

X^n	$Q4^n$	$Q3^n$	$Q2^n$	$Q1^n$	$Q4^{n+1}$	$Q3^{n+1}$	$Q2^{n+1}$	$Q1^{n+1}$
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0

- другий розряд Q2 перемикається через два вхідні сигнали;

- третій розряд Q3 перемикається через чотири вхідні сигнали;

- четвертий розряд Q4 перемикається через вісім вхідних сигналів.

Лічильник можна побудувати як коло послідовно включених рахункових тригерів. Оскільки тригери мають інверсний динамічний вхід, то кожен подальший тригер перемикатиметься при скиданні в «0» попереднього тригера (рис. 2.4).

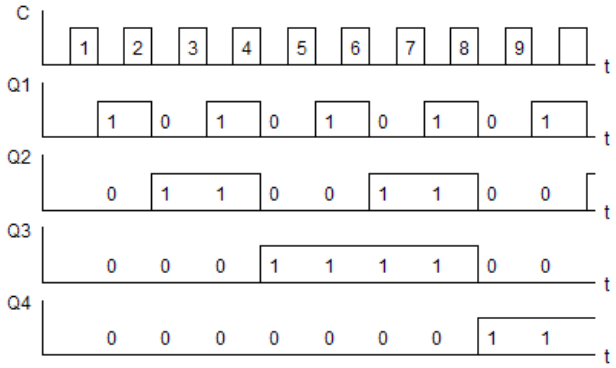


Рисунок 2.4 – Діаграма функціонування двійкового підсумовуючого лічильника з послідовним перенесенням

Розробимо пристрій формування сигналу готовності (рис. 2.5).

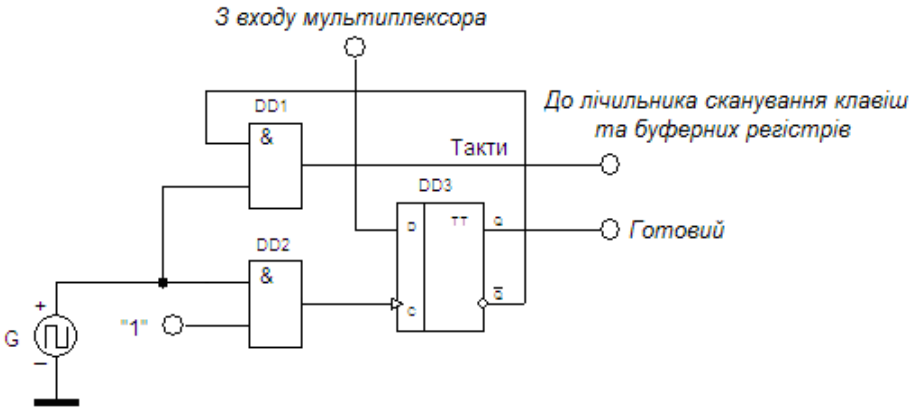


Рисунок 2.5 - Пристрій формування сигналу готовності

Вихідній код перебирається лічильником до тих пір, поки не буде натиснута необхідна клавіша, при цьому на виході мультиплексора логічна 1, яка записується в тригер DD3, і формує сигнал «Готовій», який відображається індикатором. Відповідно на інверсному виході тригера DD1 – логічний 0. Він поступає на один з входів елементу І (DD1), до іншого входу якого підключений генератор прямокутних імпульсів. Такий стан блокує лічильник, та буферні регістри. Лічильник зупиняє рахунок і на виході схеми фіксується код натиснутої клавіші. При відпусканні клавіші цикл сканування відновлюється за допомогою елемента І (DD1). Елемент DD2 забезпечує функціонування тригера DD3. Аналіз функціонування пристрою формування сигналу готовності показує правильність завданих режимів (рис. 2.6).

2.1.2 Вибір схеми генератора імпульсів

Генератор імпульсів призначений для узгодження роботи всіх вузлів цифрової мікроелектронної системи.

Широка зміна частоти імпульсів (близько 50 тисяч разів), що генеруються, забезпечує генератор, зібраний за схемою, яка представлена на рисунку 2.7. Мінімальна частота імпульсів тут близько 0,25 Гц. Тривалість імпульсів регулюється резистором R1. Частоту дотримання можна визначити по формулі:

$$f = \frac{1}{2} R1C1,$$

де f – частота, Гц; R1 – опір, Ом; C1 – ємність, Ф.

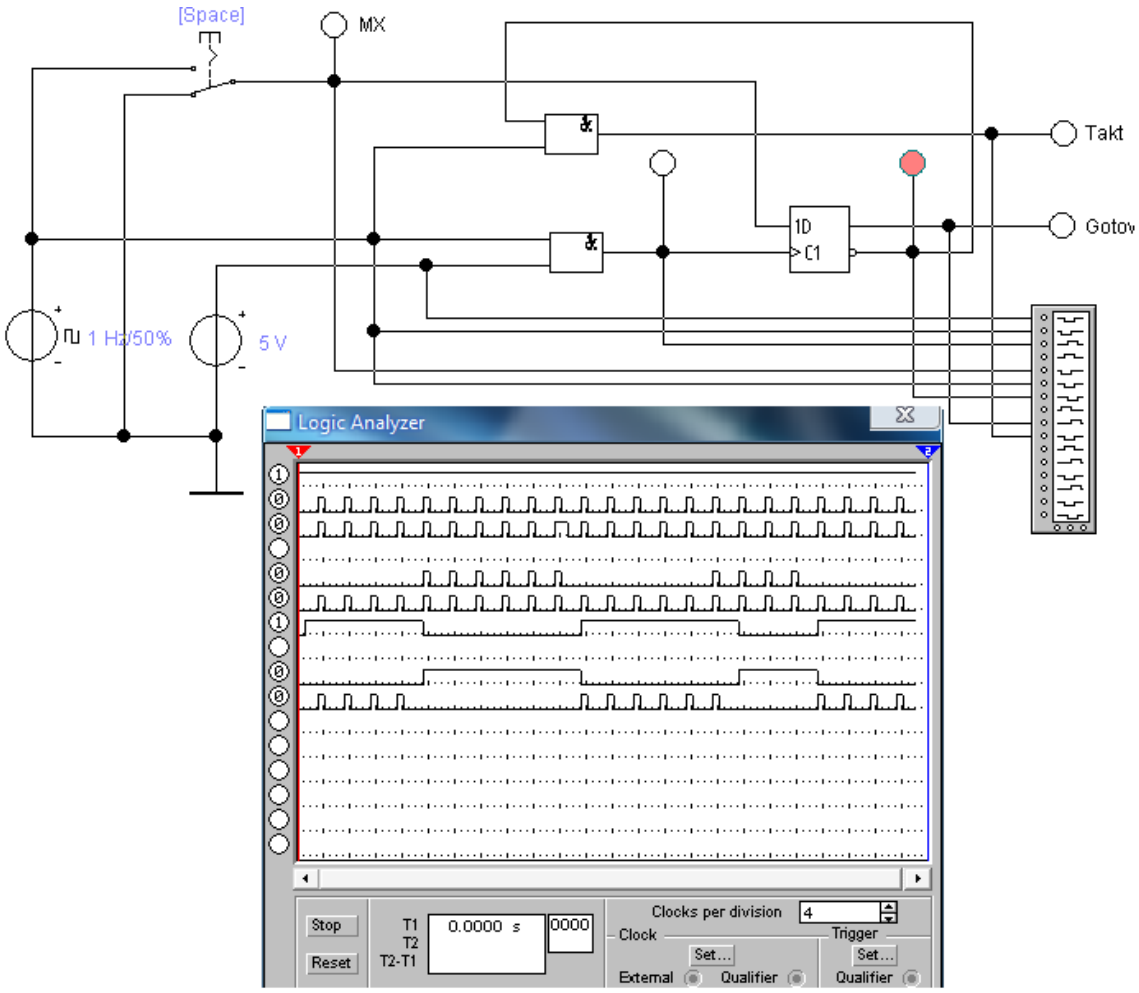


Рисунок 2.6 – Аналіз функціонування пристрою формування сигналу

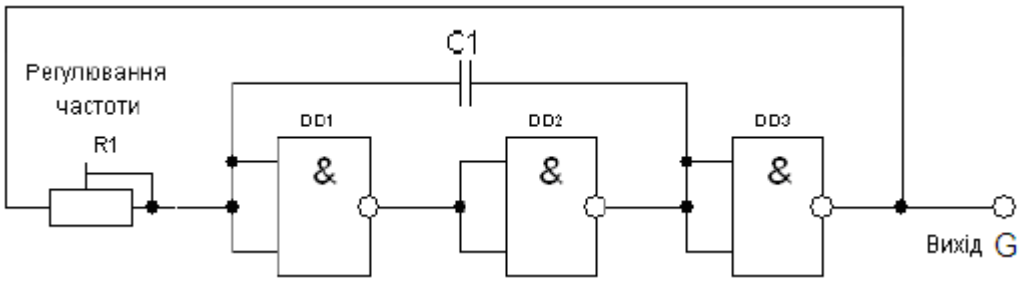


Рисунок 2.7 – Схема генератора імпульсів

Схема електрична принципова генератора імпульсів у програмному забезпеченні sPlan 5.0 зібрана на мікросхемі К555ЛА3 (аналог 7400) (рис. 2.8).

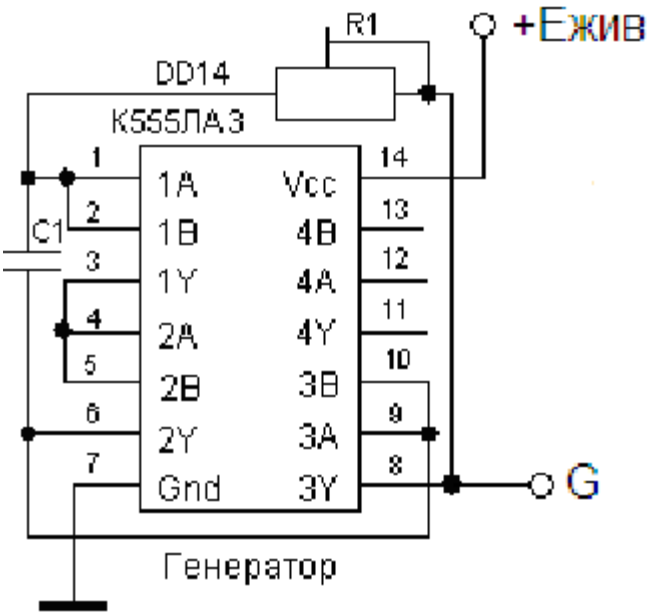


Рисунок 2.8 – Схема електрична принципова генератора імпульсів

2.1.3 Шифратор клавіатури

Шифратор (кодер) – пристрій комбінаційного типу, призначений для перетворення управляючих сигналів (команд), які поступають на його входи, в n – розрядний двійковий код. Зокрема, такими сигналами або командами можуть бути десяткові числа, наприклад, номер команди, який за допомогою шифратора перетвориться в двійково-десятковий код. Для повного непріоритетного шифратора "16 в 8" алгоритм функціонування представлений в таблиці 2.3.

Рівняння функціонування шифратора:

$$F1 = N1 + N3 + N5 + N7 + N9 + N11 + N13 + N15 =$$
$$= \overline{\overline{N1 + N3 + N5 + N7 + N9 + N11 + N13 + N15}} =$$
$$= \overline{\overline{N1} \cdot \overline{N3} \cdot \overline{N5} \cdot \overline{N7} \cdot \overline{N9} \cdot \overline{N11} \cdot \overline{N13} \cdot \overline{N15}}$$

$$F2 = N2 + N3 + N6 + N7 + N12 + N13 = N2 + N3 + N6 + N7 + N12 + N13 =$$
$$= \overline{\overline{N2} \cdot \overline{N3} \cdot \overline{N6} \cdot \overline{N7} \cdot \overline{N12} \cdot \overline{N13}}$$

$$F3 = N4 + N5 + N6 + N7 + N14 + N15 = \overline{\overline{N4 + N5 + N6 + N7 + N14 + N15}} =$$
$$= \overline{\overline{N4} \cdot \overline{N5} \cdot \overline{N6} \cdot \overline{N7} \cdot \overline{N14} \cdot \overline{N15}}$$

Таблиця 2.3 – Таблиця істинності шифратора клавіатури

Входи	Виходи							
N_i	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1
N0	0	0	0	0	0	0	0	0
N1	0	0	0	0	0	0	0	1
N2	0	0	0	0	0	0	1	0
N3	0	0	0	0	0	0	1	1
N4	0	0	0	0	0	1	0	0
N5	0	0	0	0	0	1	0	1
N6	0	0	0	0	0	1	1	0
N7	0	0	0	0	0	1	1	1
N8	0	0	0	0	1	0	0	0
N9	0	0	0	0	1	0	0	1
N10	0	0	0	1	0	0	0	0
N11	0	0	0	1	0	0	0	1
N12	0	0	0	1	0	0	1	0
N13	0	0	0	1	0	0	1	1
N14	0	0	0	1	0	1	0	0
N15	0	0	0	1	0	1	0	1

$$F4 - N8 + N9 = \overline{\overline{N8 + N9}} = \overline{N8} \cdot \overline{N9}$$

$$F5 = N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15 = \overline{\overline{N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15}} =$$

$$= \overline{\overline{N10} \cdot \overline{N11} \cdot \overline{N12} \cdot \overline{N13} \cdot \overline{N14} \cdot \overline{N15}}$$

F8=F7=F6=0

У загальному випадку, при використанні двійкового коду, можна закодувати 2^n вхідних сигналів. У розглянутій вище схемі вихідний код «00000000» присутній на виході при подачі сигналу на вхід X0, а також в разі, якщо вхідний сигнал взагалі не подається ні на один з входів. Для однозначної ідентифікації сигналу X0 в інтегральних схемах формується ще один вихідний сигнал – ознака подачі вхідного сигналу, який використовується і для інших цілей. Проведемо аналіз правильності функціонування схеми у програмному застосуванні Electronics Workbench (рис. 2.9).

Схема, реалізована на елементах 8-І-НЕ, приведена на рисунку 2.10.

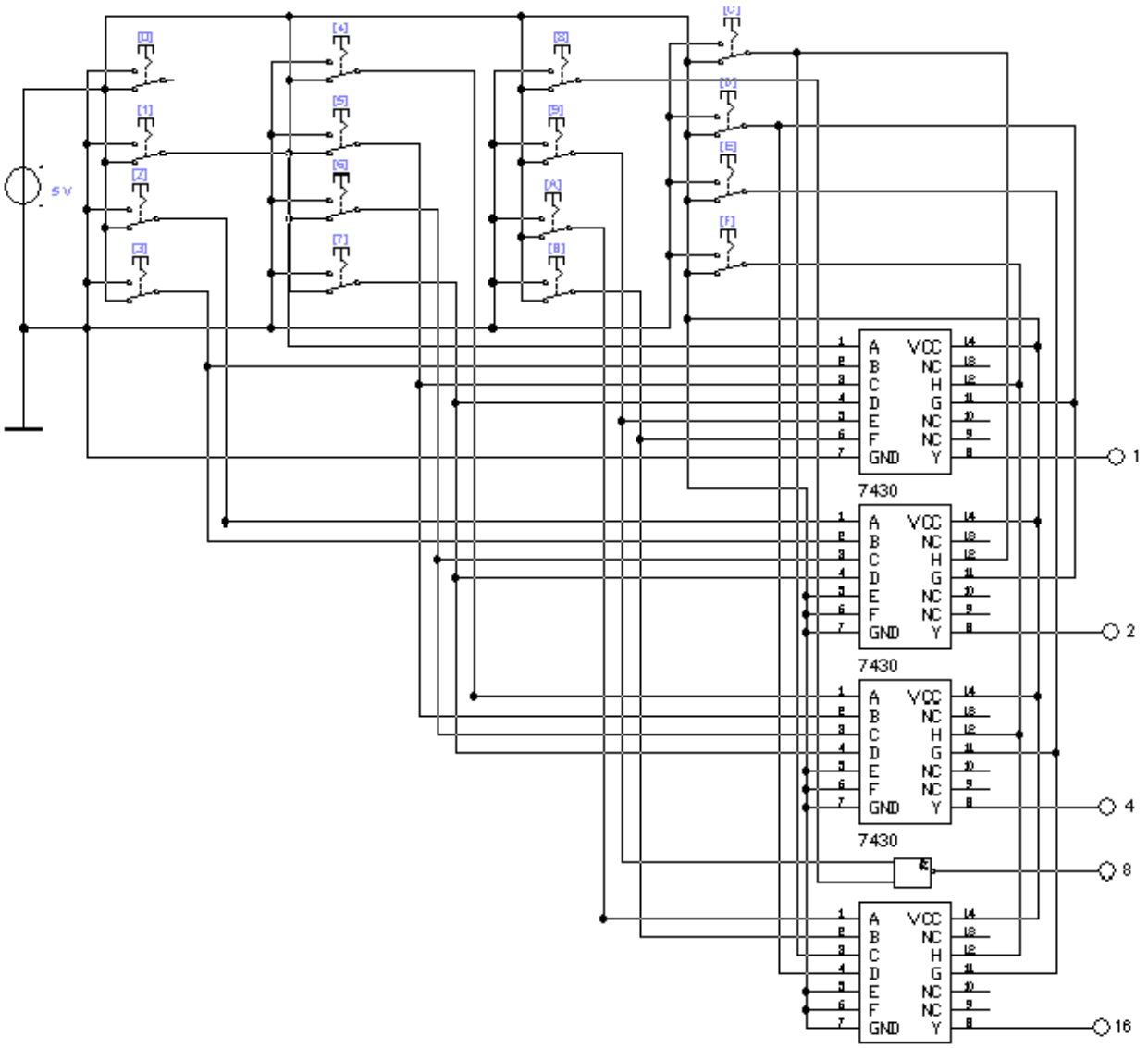


Рисунок 2.9 – Аналіз функціонування схеми шифратора клавіатури

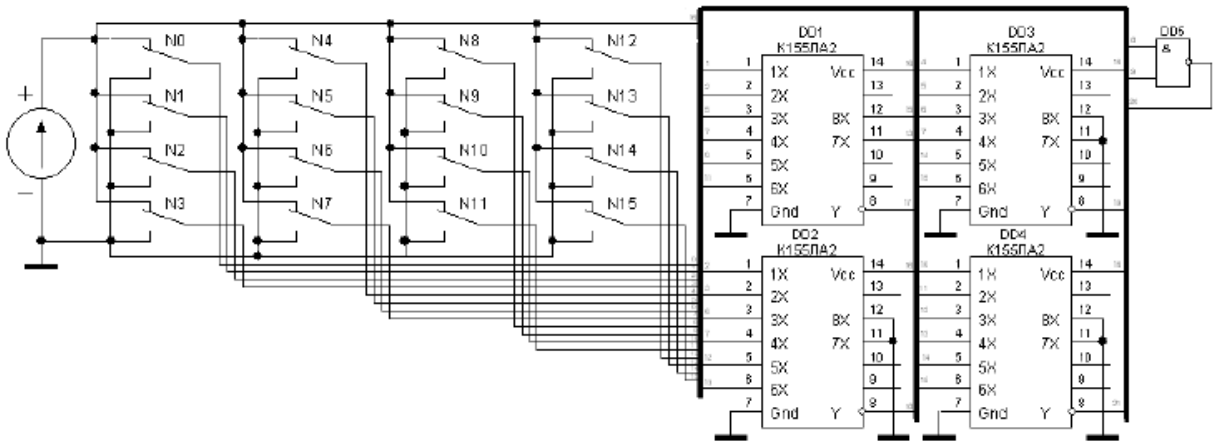


Рисунок 2.10 – Шифратор клавіатури

2.1.3 Буферний регістр

Буферний регістр призначений для зберігання проміжної інформації і може бути реалізований за схемою регістра з паралельним введенням і паралельним виведенням інформації (рис. 2.11).

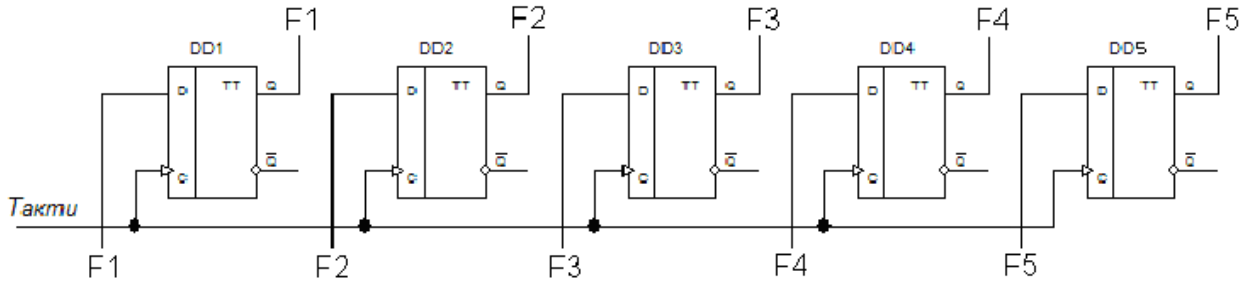


Рисунок 2.11 - Регістр з паралельним введенням і паралельним виведенням інформації

Для зберігання кожного двійкового розряду в регістрі використовується одне тригерне вічко. Для запам'ятовування багаторозрядних слів необхідне число тригерів об'єднують разом і розглядають як єдиний функціональний вузол – регістр. Запис інформації в паралельні регістри здійснюється паралельним кодом, тобто у всі розряди регістра одночасно. Їх функція зводиться лише до прийому, зберігання і передачі інформації.

У зв'язку з цим паралельні регістри називають регістрами пам'яті. Як розряди регістра пам'яті використовуються D-тригери, що синхронізуються, якщо інформація поступає у вигляді однофазних сигналів. Елементна база розрахованих вузлів може бути різноманітна. Аналіз функціонування в програмних засобах показує, що в якості лічильника можна використати мікросхему К555ИЕ5, в якій JK-тригери включені по схемі Т тригерів і з’єднані послідовно [8]. Кодуючий пристрій із сканованою клавіатурою (від 0 до 15) формує чотирьохрозрядний двійковий код і містить: блок сканування на лічильнику К555ИЕ5 (7493) і мультиплексорі К155КП1 (74150), формувач сигналу «Готовий» побудовано на D-тригері, елементах І, тактованих генератором імпульсів частотою 1 Гц. Генератор імпульсів може бути зібраний на елементарній логіці, або вибраний з номінального ряду серій К555 або К155. Вихід-

ний код запам’ятовується буферним регістром, зібраним на мікросхемах К555ТМ8 (74175) і К155ТМ2 (7474) (рис. 2.12) [8].

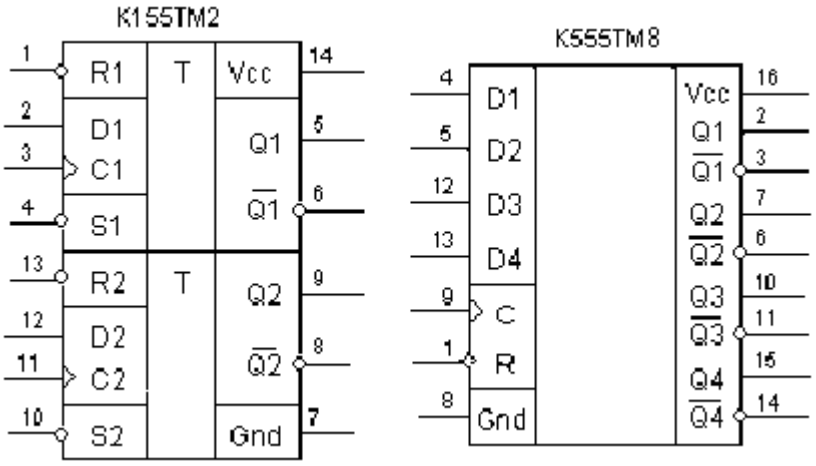


Рисунок 2.12 – Схеми електричні принципові буферних регістрів

2.1.4 Пристрій відображення інформації

За умовою використання шістнадцяти-клавішної клавіатури максимальне число F5F4F3F2F1, яке зберігається в буферному регістрі у десятковому еквіваленті 15, у двійково-десятковому 10101. При цьому старші розряди двійково-десяткового коду F8=F7=F6=0. У наборах елементних баз ТТЛШ логіки відсутні перетворювачі п’ятирозрядного коду в код семисегментних індикаторів. Для спрощення схемотехніки пристрою відображення інформації необхідно використовувати перетворювачі чотирьохрозрядних кодів F8F7F6F5 та F4F3F2F1 у коди семисегментних індикаторів.

Складемо таблицю функціонування пристрою відображення інформації (табл. 2.4), яка описує алгоритм перетворення двійково-десяткового коду F8F7F6F5 F4F3F2F1 (40-30-20-10 8-4-2-1) в коди двох семисегментних індикаторів (рис. 2.13).

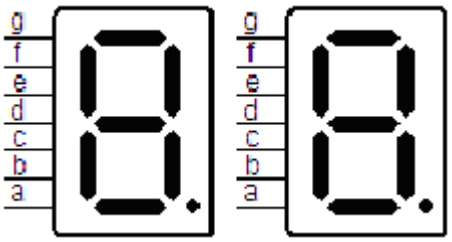


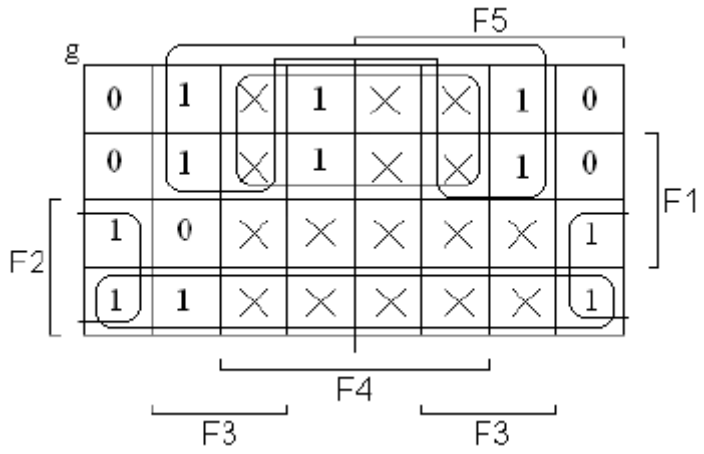
Рисунок 2.13 – Семисегментні індикатори для представлення отриманої з клавіатури інформації

Таблиця 2.4 - Таблиця функціонування перетворювача двійкового коду чисел в код семисегментних індикаторів

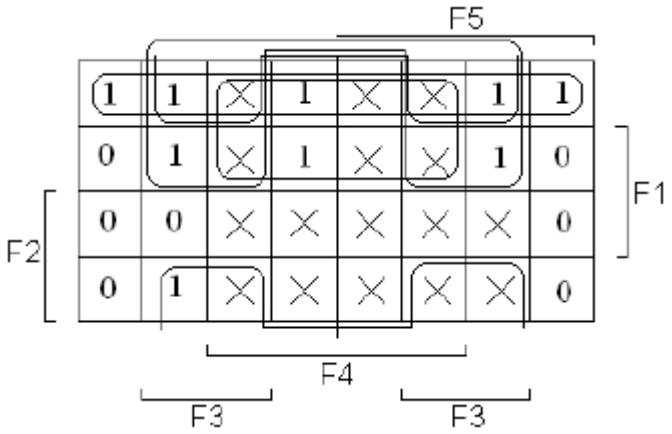
№	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	a'	b'	c'	d'	e'	f'	g'	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
17	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
18	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
19	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
21	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1

$$g = \overline{F5}\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}\overline{F4}\overline{F3}F2F1 + \overline{F5}\overline{F4}F3\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4\overline{F3}\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} +$$
$$+ \overline{F5}F4\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4F3\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1 + F5F4\overline{F3}\overline{F2}F1 +$$
$$+ F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$

$$g = F2\overline{F1} + \overline{F4}\overline{F3}F2 + F4\overline{F2} + F3\overline{F2}.$$

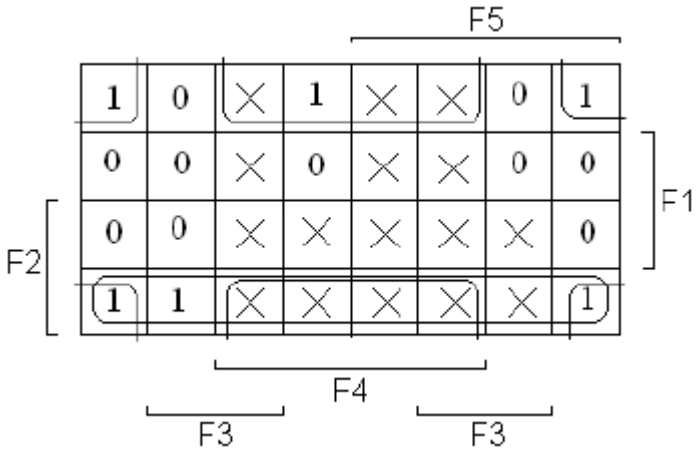


$$f = \overline{F5}\overline{F4}F3\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4F3\overline{F2}F1 + \overline{F5}\overline{F4}F3F2\overline{F1} + \overline{F5}\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} +$$
$$+ \overline{F5}F4\overline{F3}\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$



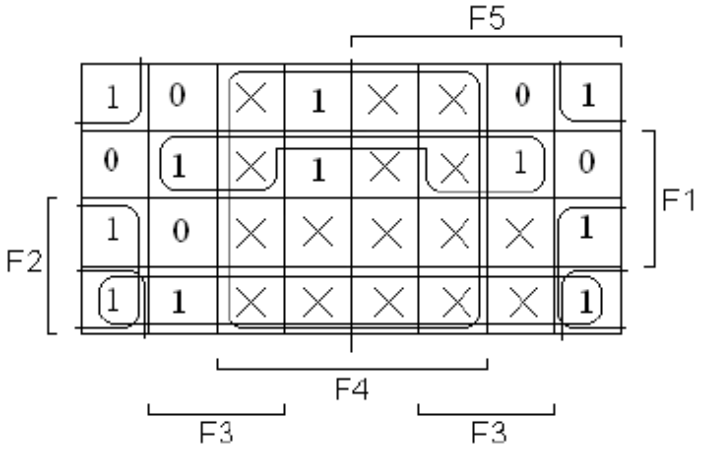
$$f = \overline{F2}\overline{F1} + F3\overline{F1} + F4\overline{F2} + F3\overline{F2}$$

$$e = \overline{F5}\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}\overline{F4}F3\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4F3\overline{F2}\overline{F1} + \overline{F5}F4\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} + F5\overline{F4}\overline{F3}\overline{F2}\overline{F1} +$$
$$+ F5\overline{F4}\overline{F3}F2\overline{F1}$$



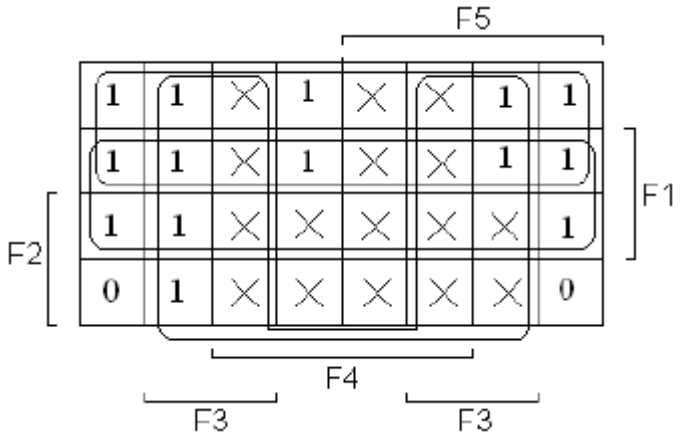
$$e = F2\overline{F1} + F4\overline{F1} + \overline{F4}\overline{F3}\overline{F1}$$

$$d = \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}\,F3\,F2\,F1 + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 +$$
$$+ \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,F4\,F3\,\overline{F2}\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,F1 + F5\,F4\,\overline{F3}\,F2\,F1 +$$
$$+ F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,F1$$



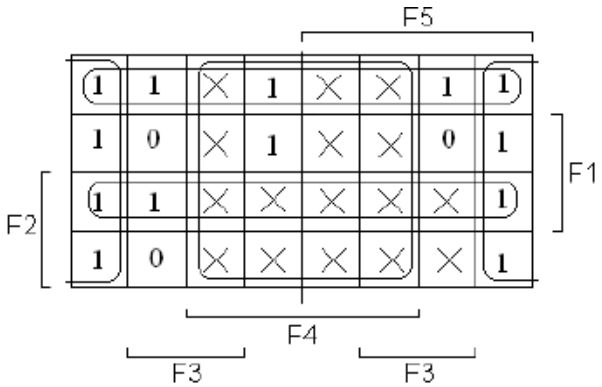
$$d = F2\,\overline{F1} + F4 + \overline{F4}\,\overline{F3}\,F2 + \overline{F4}\,F3\,\overline{F1} + F3\,\overline{F2}\,F1$$

$$c = \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}\,F3\,F2\,F1 + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 +$$
$$+ \overline{F5}\,\overline{F4}\,F3\,F2\,\overline{F1} + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,F4\,\overline{F3}\,F2\,F1 +$$
$$+ F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 + F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,F1$$



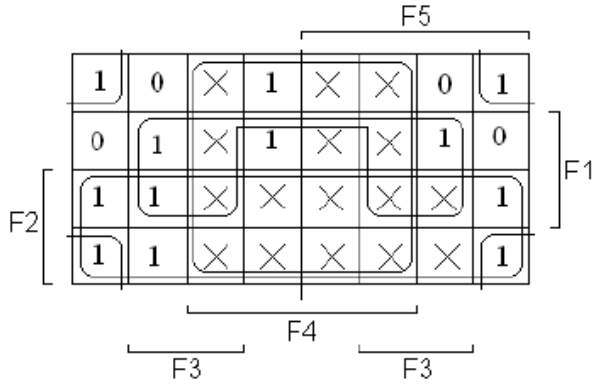
$$c = \overline{F2} + F1 + F3$$

$$b = \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,\overline{F1} +$$
$$+ \overline{F5}\,\overline{F4}\,F3\,F2\,F1 + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,F4\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} +$$
$$+ F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,F1 + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,\overline{F1} + F5\,\overline{F4}\,\overline{F3}\,F2\,F1 + F5\,\overline{F4}\,F3\,\overline{F2}\,F1$$



$$b = \overline{F2}\,\overline{F1} + F2F1 + F4 + \overline{F4}\,\overline{F3}$$

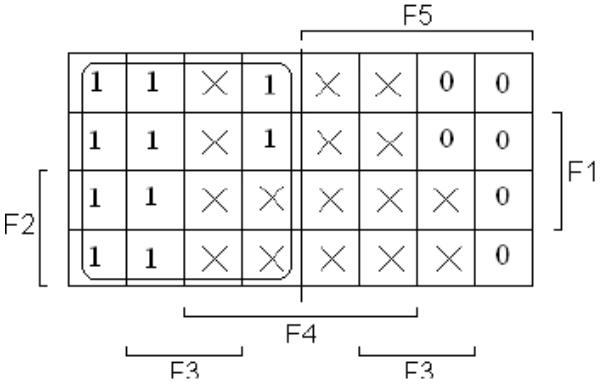
$$a = \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2F1 + F5F4F3F2\overline{F1} + F5F4F3F2F1 + F5F4F3\overline{F2}F1 +$$
$$+ \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2F1 + \overline{F5}F4\overline{F3}\,\overline{F2}F1 + \overline{F5}F4\overline{F3}F2\overline{F1} +$$
$$+ F5\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}\,\overline{F3}F2\overline{F1} + F5\overline{F4}F3F2F1 + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$



$$a = F2 + F4 + F3F1 + \overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F1}$$

$$g' = 0$$

$$f' = e' = d' = a' = \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2F1 + F5F4F3F2F1 + F5F4F3F2\overline{F1} + F5F4F3\overline{F2}F1 +$$
$$\overline{F5}\,\overline{F4}F3F2\overline{F1} + +\overline{F5}\,\overline{F4}F3\overline{F2}F1 + F5F4F3F2\overline{F1} + F5F4F3\overline{F2}F1 + \overline{F5}F4\overline{F3}\,\overline{F2}F1 +$$
$$+ \overline{F5}F4\overline{F3}\,\overline{F2}F1$$



$$f' = e' = d' = a' = \overline{F5}$$

$$b' = c' = 1$$

Проведемо моделювання пристрою відображення інформації в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.14).

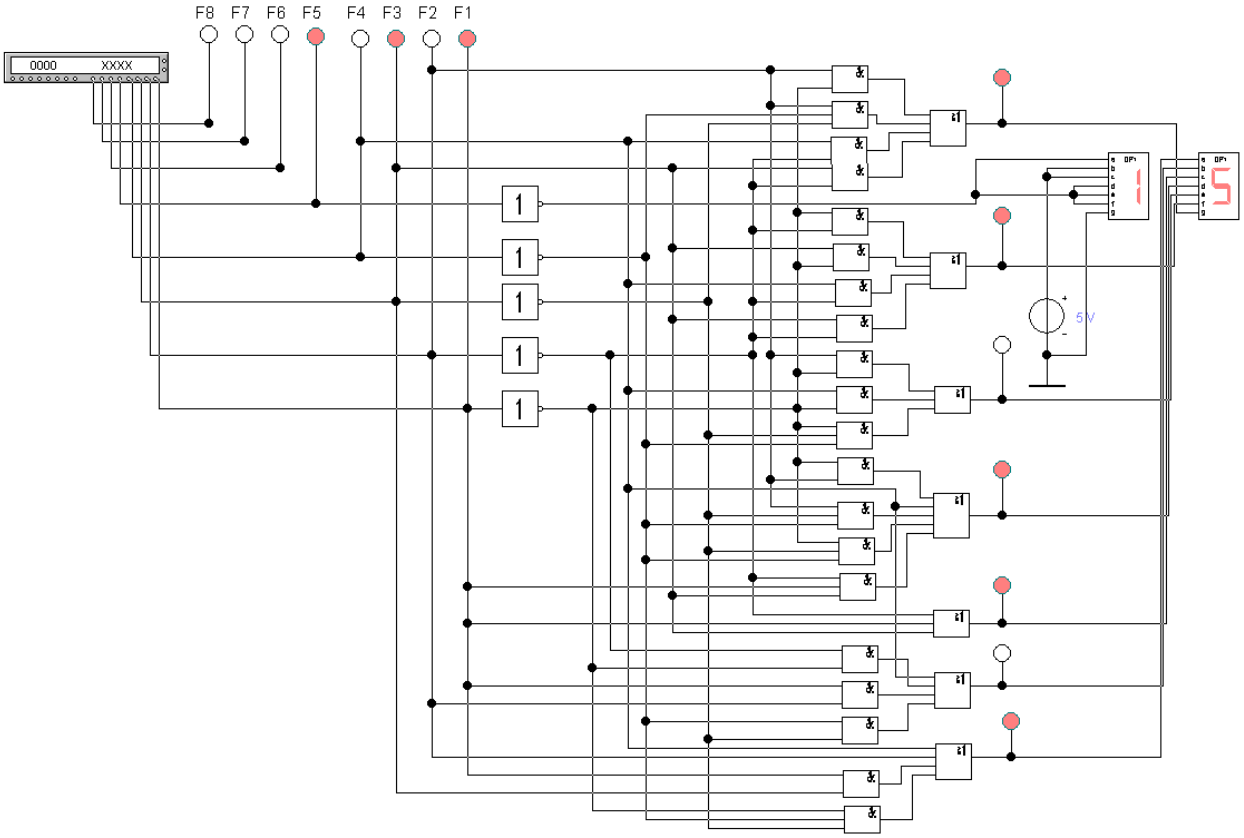


Рисунок 2.14 - Моделювання пристрою відображення інформації

Схема електрична принципова у програмному забезпеченні sPlan 5.0 може бути виконана на мікросхемах К555ИД18 (7447РС). Мікросхема являє собою перетворювач логічних сигналів з двійкового коду 8-4-2-1 в код семисегментного індикатора з загальним анодом (рис. 2.15). Призначення виводів представлено в таблиці 2.5.

Проведемо аналіз функціонування перетворювача в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.16). Так-як мікросхема має виходи з відкритим колектором (активний нуль), а семисегментний індикатор в програмному забезпеченні EWB з загальним катодом, в схемі необхідно використати інвертори.

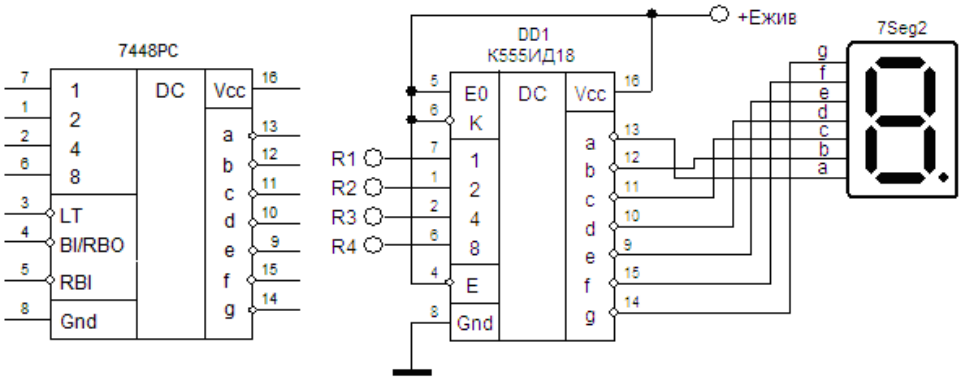


Рисунок 2.15 – Мікросхема 7447 і схема перетворення двійкового коду 8-4-2-1 в код семисегментного індикатора на мікросхемі К555ИД18

Таблиця 2.5 – Призначення виводів мікросхеми 7447

№ виводу	Призначення
1	Вхід з вісовим значенням розряду (2)
2	Вхід з вісовим значенням розряду (4)
3	Вхід контроля індикатора (LT)
4	Вихід сигналу схеми послідовного погашення (BI/RBO)
5	Вхід сигналу схеми послідовного погашення (RBI)
6	Вхід з вісовим значенням розряду (8)
7	Вхід з вісовим значенням розряду (1)
8	Загальний (Gnd)
9	Вихід сегменту (e)
10	Вихід сегменту (d)
11	Вихід сегменту (c)
12	Вихід сегменту (b)
13	Вихід сегменту (a)
14	Вихід сегменту (g)
15	Вихід сегменту (f)
16	Напруга живлення (+Vcc)

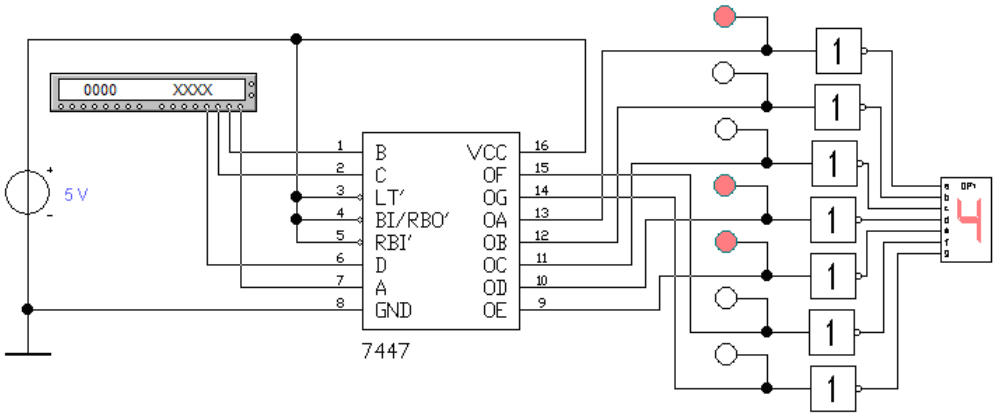


Рисунок 2.16 - Аналіз функціонування перетворювача двійкового коду 8-4-2-1 в код семисегментного індикатора

Для відображення отриманого двійково-десяткового коду натиснутої клавіші клавіатури, пристрою введення інформації, необхідно включити в схему два світлодіодних індикатора [9]. Проведемо моделювання перетворювача двійково-десяткового коду (0-0-20-10 8-4-2-1) в коди семисегментних індикаторів на мікросхемах 7447 (рис. 2.17).

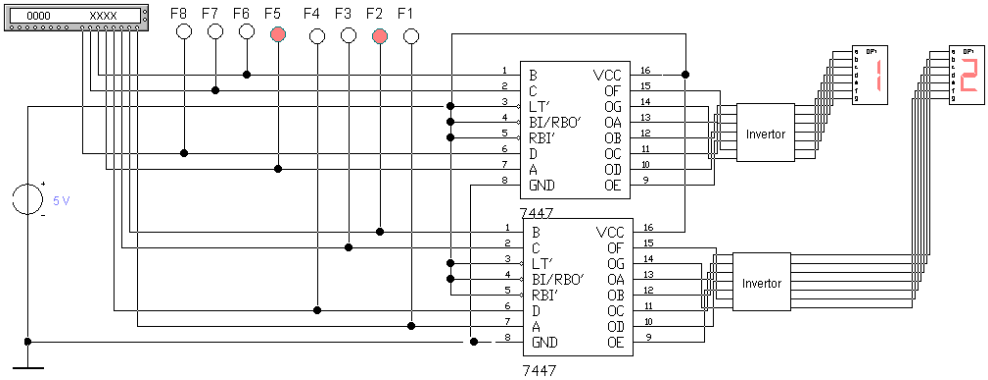


Рисунок 2.17 - Моделювання схеми перетворювача двійково-десяткового коду 0-0-0-10 8-4-2-1 у коди двох семисегментних індикаторів

Схема електрична принципова пристрою відображення інформації отриманої з клавіатури пристрою введення інформації, на світлодіодних індикаторах у програмному забезпеченні sPlan 5.0 представлена на рисунку 2.18.

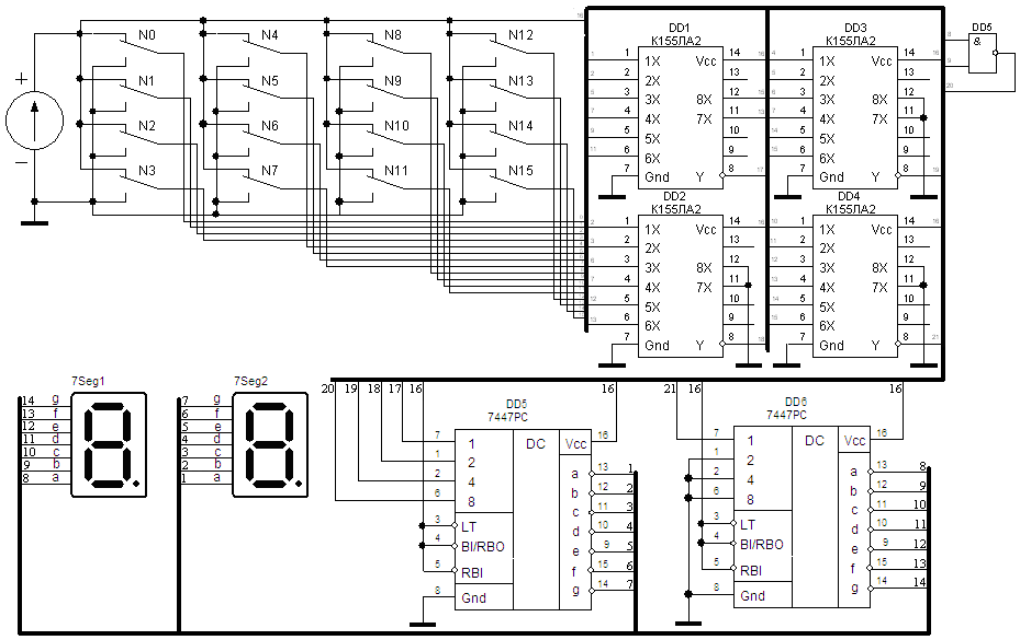


Рисунок 2.18 – Схема електрична принципова пристрою відображення інформації

2.2 Перетворювач двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код

Для перетворення двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код необхідно побудувати таблицю функціонування шифратора (табл. 2.6).

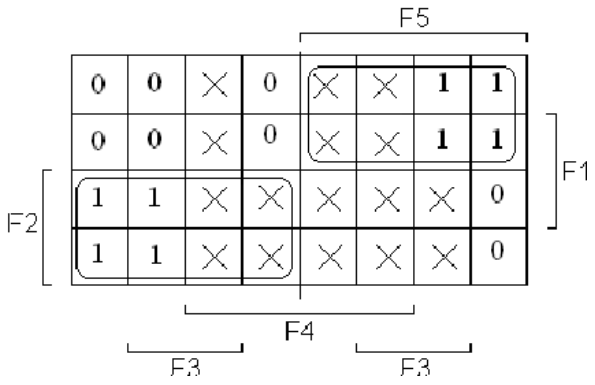
Складемо рівняння функціонування пристрою і спростимо їх за допомогою карт Карно.

$$Q1 = F1$$

Таблиця 2.6 - Таблиця функціонування перетворювача двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код

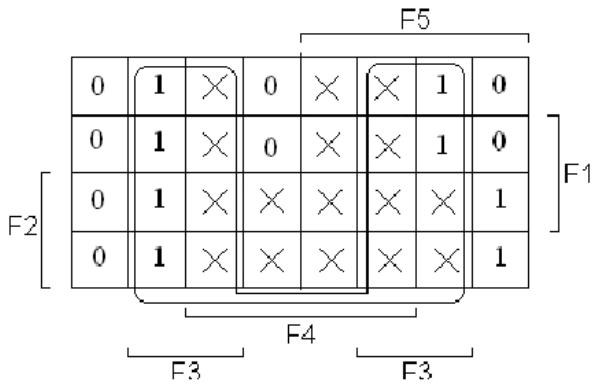
№	Двійково-десятковий код								Натуральний двійковий код			
	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	Q4	Q3	Q2	Q1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
17	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
18	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
19	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
20	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
21	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1

$$Q2 = \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}F2\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}\,\overline{F3}F2F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2F1 + F5\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} +$$
$$+ F5\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}F3\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$



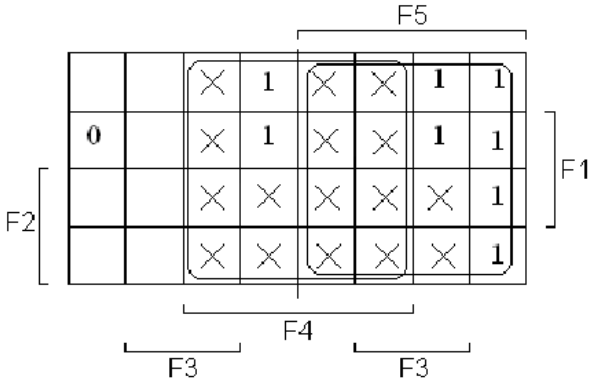
$$Q2 = \overline{F5}F2 + F5\overline{F2}$$

$$Q3 = \overline{F5}\,\overline{F4}F3\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}F3\overline{F2}F1 + \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2\overline{F1} + \overline{F5}\,\overline{F4}F3F2F1 + F5\overline{F4}\,\overline{F3}F2\overline{F1} +$$
$$+ F5\overline{F4}\,\overline{F3}F2F1 + F5\overline{F4}F3\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$



Q3 = F3

$$Q4 = \overline{F5}F4\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + \overline{F5}F4\overline{F3}\,\overline{F2}F1 + F5\overline{F4}\,\overline{F3}\,\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\overline{F4}\,\overline{F3}F2\overline{F1} +$$
$$+ F5\overline{F4}\,\overline{F3}F2F1 + F5\overline{F4}F3\overline{F2}\,\overline{F1} + F5\overline{F4}F3\overline{F2}F1$$



Q4 = F5+F4

Проведемо аналіз функціонування перетворювача двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.19).

Натиснута клавіша 15 на клавіатурі пристрою введення інформації представлена в двійково-десятковому коді F8F7F6F5 F4F3F2F1 (0001 0101). Далі перетворювач двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код перетворює цю інформацію в код Q4Q3Q2Q1 (1111), що в шістнадцятиріч-ному коді підтверджує семисегментний індикатор.

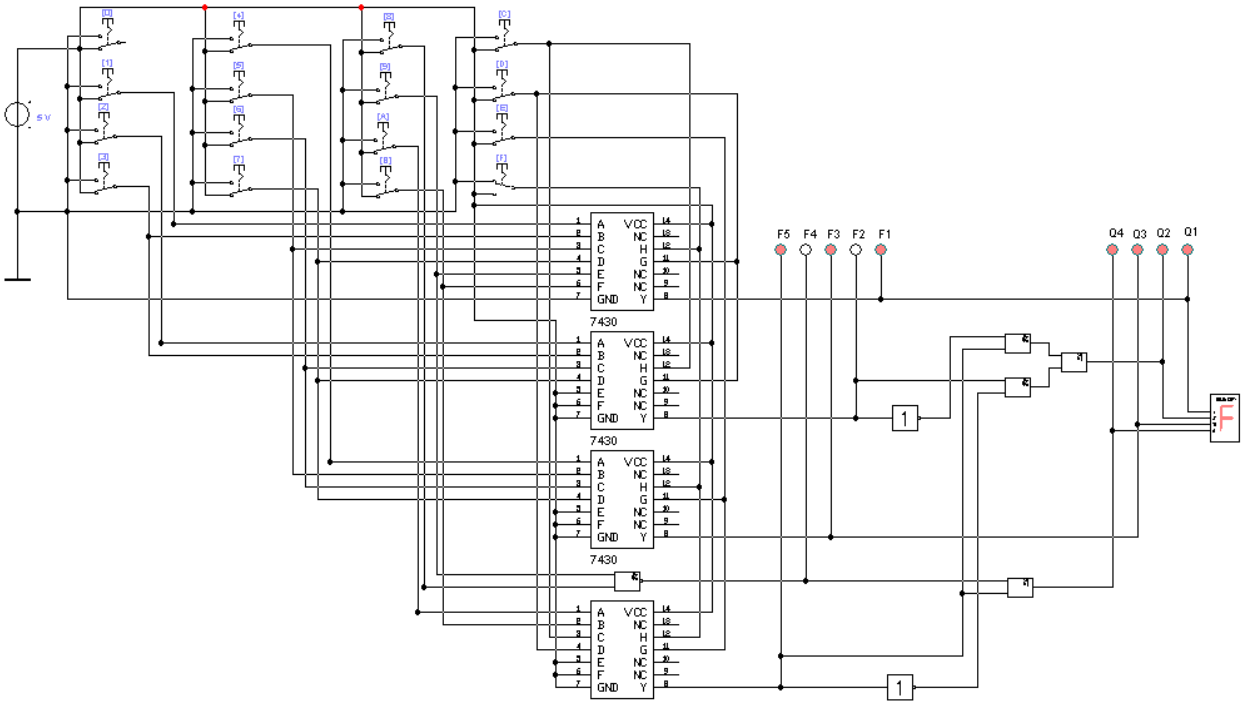


Рисунок 2.19 - Аналіз функціонування перетворювача двійково-десяткового коду в натуральний двійковий код

2.3 Схема контрольного автомата

Контролюючий код з простим повторенням ґрунтується на повторенні передачі повідомлення, тобто контрольні біти повторюють інформаційні. Позначимо буквою **А** інформаційні розряди, буквою **В** - контрольні розряди. Результуюча кодова комбінація буде представлена у вигляді [10]:

Q4Q3Q2Q1 A4A3A2A1

Контрольний код A4A3A2A1 повторює інформаційний код Q4Q3Q2Q1. Прийнята кодова комбінація порівнюється. Якщо є неспівпадіння у відповідних розрядах, то фіксується наявність помилки в кодовій комбінації. Рівняння функціонування контрольного автомата:

$$P = (A4 \oplus B4) \oplus (A3 \oplus B3) \oplus (A2 \oplus B2) \oplus (A1 \oplus B1)$$

Кодер та декодер коду з простим повторенням представлено на рисунку 2.20.

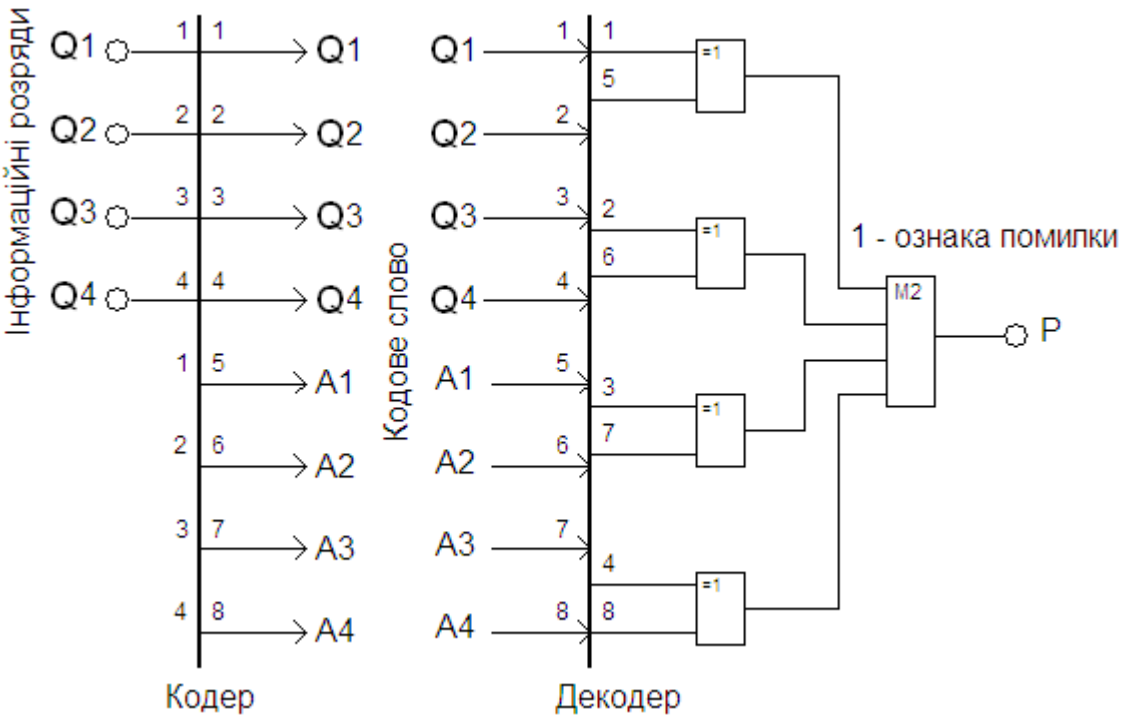


Рисунок 2.20 - Кодер та декодер коду з простим повторенням

Експериментальна схема контролю парності з простим повторенням представлена на рисунку 2.21.

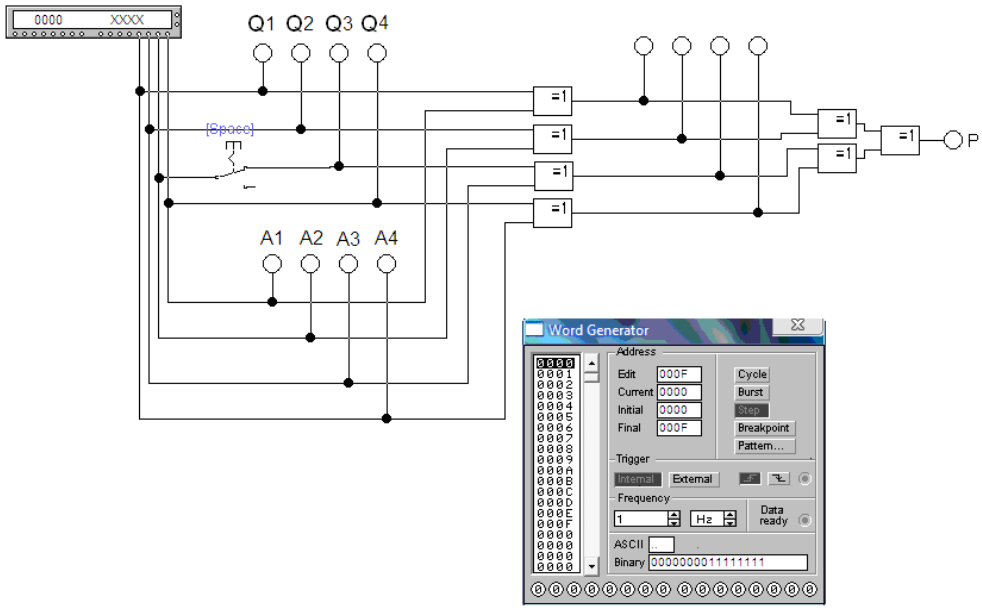


Рисунок 2.21 - Експериментальна схема контролю парності з простим повторенням

2.4 Загальна схема системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію

Перевірені на працездатність вузли поєднані в загальну схему системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію (рис. 2.22). Елементна база зібрана на елементах ТТЛ і ТТЛШ логіки. В схемі оптимально використані всі елементи мікросхем. Зайві елементи DD5.2, DD10.3 і DD10.4 можуть бути використані для подальшої модернізації схеми.

При натисненні однієї з клавіш N0 … N15 елементи DD8, DD9, DD11, DD12 перетворюють десятковий код номера клавіші в двійково-десятковий код. Лічильник DD4 спрацьовує по тактовим імпульсам генератора DD2 і формує адресні входи мультиплексора DD13. На інформаційні входи мультиплексора поступають сигнали від натиснутих клавіш З виходу Q сигнал поступає на схему формування сигналу готовності DD6.1, DD6.2, DD16.1. Разом з тактовими сигналами з генератора DD2 схема формує сигнал «Готовий» VD1 і дозволяє запис двійково-десяткового коду натиснутої клавіші в буферні регістри DD15, DD16.2. Візуальна інформація про номер натиснутої клавіші формується з двійково-десяткового коду в семирозрядний елементами DD14, DD17 і відображається на семисегментних індикаторах АЛС1, АЛС2, Після відпускання натиснутої клавіші інформація залишається записаною до наступного натиснення клавіші клавіатури.

Перетворювач коду DD6.3, DD6.4, DD10.1, DD10.2 декодує двійково-десятковий код F8F7F6F5F4F3F2F1 номера натиснутої клавіші в натуральний двійковий код Q4Q3Q2Q1. Натуральний двійковий код передається по лінії зв’язку на значну відстань и перевіряється контрольним автоматом DD5, DD7 на правильність передачі закодованої інформації. При порушенні в лінії передачі спрацьовує індикатор «Контроль парності» VD2.

Натуральний двійковий код записується в буферний регістр DD3, перетворюється в семирозрядний код перетворювачем DD1 і відображається семисегментним індикатором.

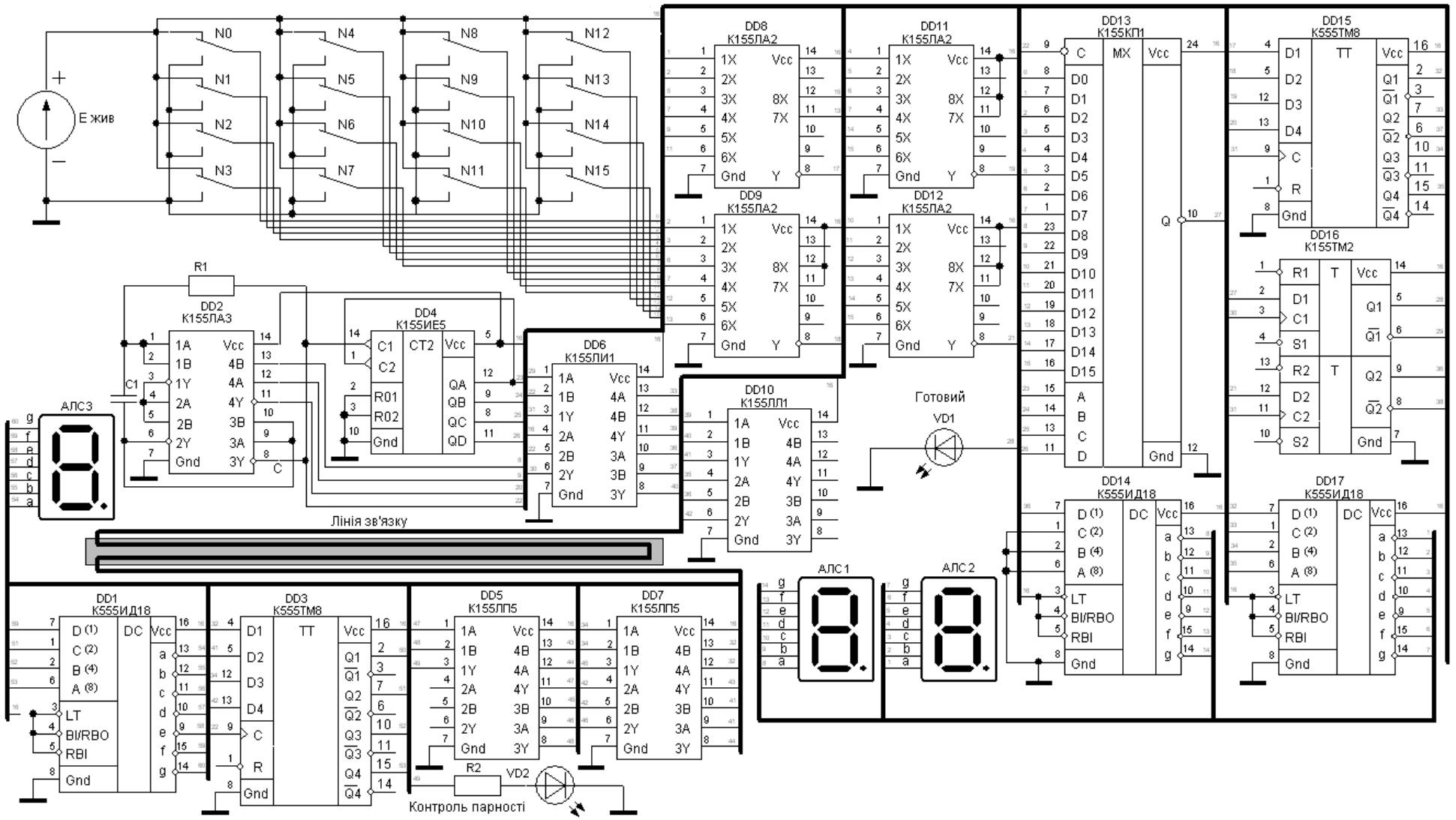
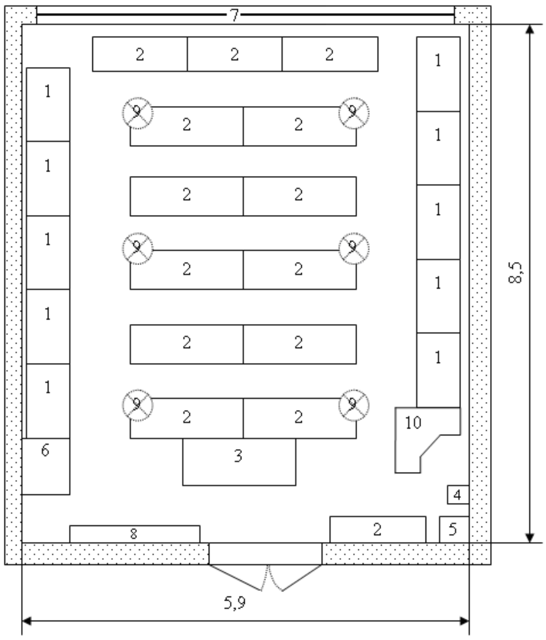


Рисунок 2.22 - Схема системи перетворення сигналу з клавіатури в кодовану цифрову інформацію

3 Охорона праці та техногенна безпека

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп’ютерне моделювання та розрахунок електронної схеми логічного аналізатора проводилися в приміщенні кафедри МЕІС, макет якої представлено на рисунку 3.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна; 7 - вікно; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 3.1 – Макет приміщення в якому проводилися роботи

Площа приміщення складає 50,15 м^2; об’єм 175,52 м^3; довжина приміщення 8,5 м; ширина приміщення 5,9 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 1; число робочих місць 10; освітлення: природне (через бічне вікно) і за-

гальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6м^2, об’єм 20м^3 на одного працюючого.

Лабораторія є приміщенням легкої категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги (період року – холодний):

- оптимальна температура повітря +22 … +24 ^{o}C (допустима +20 … +24 ^{o}C);
- оптимальна відносна вологість 40 … 60% (допустима не більше 75%);
- швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Оцінка шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника лабораторії представлені в таблиці 3.1.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в лабораторії характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

На ділянці проведення експерименту значна частина моделювання вироблялася на персональному комп'ютері IBM PC і макетному стенді, оснащеному блоками живлення, програмованими пристроями вхідних дій, реєструючим і вимірювальним устаткуванням. Печатні плати виготовлялися за технологією травлення фольгованого текстоліту на спеціальному стенді з витяжною шафою, розташованому в науково-дослідній лабораторії кафедри.

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, навантаження на очі. Захворювання поступово накопичуються. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область.

3.2 Заходи з поліпшення умов праці

При проведенні моделювання схеми приладу, якість експерименту багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення [11].

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки _____ II клас небезпеки _____ III-IV клас небезпеки _____						
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м3						
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ						
4	Шум, дБА						
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^2						
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, ºС (тепл. п) - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	 23 – 25 ≤ 0 ,2 40 – 60 100	 23 0,1 60				 100 100 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці - легка, категорія напруженості праці - мало напружена					

Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму.

Залежно від класу приміщення по вибухонебезпеці і від чистоти середовища виробничих приміщень, визначається схема розташування світильників, їх марка і конструктивного виконання [12].

Для освітленості приміщення з розмірами А = 8,5 м, В = 5,9 м та висотою Н = 3,5 м використовуються 6 світильників з чотирма лампами розжарювання. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні $p_{пот}$ = 70%, $p_{ст}$ = 50%, $p_{полу}$ = 10%. Затінювання робочих місць немає. Висота світильника h_c=0,9м, висота робочої поверхні над рівнем підлоги h_p = 0,8 м. Нормативна величина освітленості робочих місць з відеотерміналами складає $E_н$ = 300 … 500 лк. В даному приміщенні освітленість 350 … 500 лк.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що звертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального стану в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СН 245-71 встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, етиловий спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати. Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово - психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 3.2).

Витяжна шафа оснащена вентилятором моделі CE 140L-125. Вентилятор має крильчатки із заломленими вперед лопатками і двигун із зовнішнім ротором. Корпус виготовлений з листової сталі, що гальванізується. Для захисту двигуна від перегріву вентилятор оснащений вбудованими термоконтактами з ручним перезапуском.

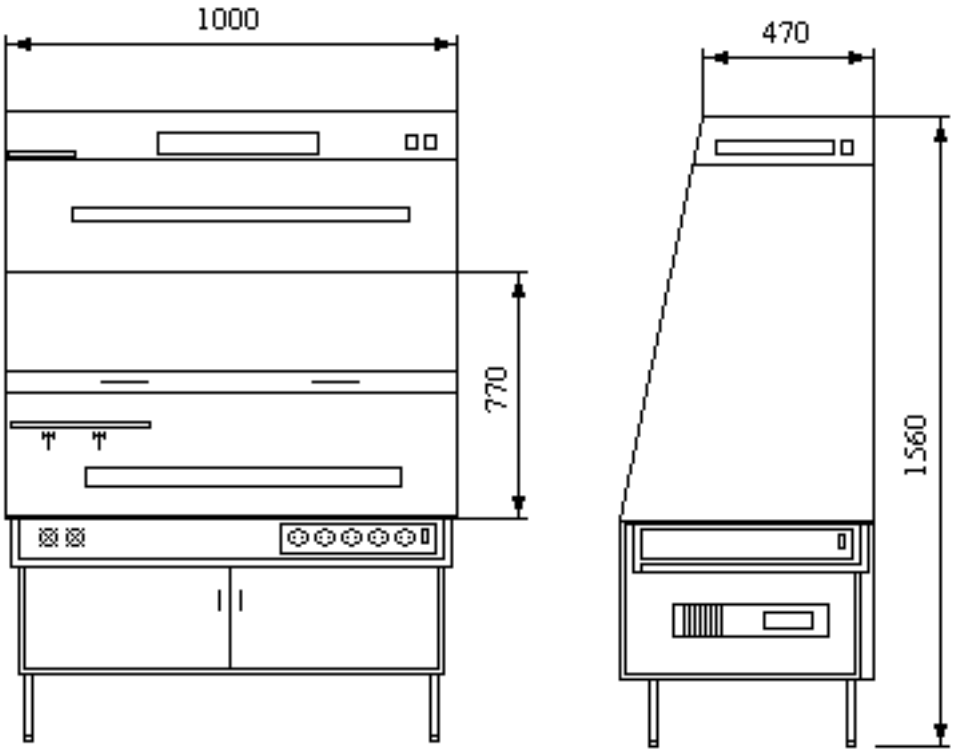


Рисунок 3.2 – Витяжна шафа для виготовлення печатних плат

3.3 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швид-

кість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [13].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1

До категорії 1а відносяться роботи, які виконуються сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводяться деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/год.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1а»

Ергономічне розташування робочого міста за персональним комп’ютером оцінюється вимогами:

- до візуальних параметрів засобів відображення інформації індивідуального користування;

- до емісійних параметрів ПК - параметрів випромінювань дисплеїв, системних блоків, джерел живлення, зокрема безаварійного, і ін.

Робота з дисплеями при неправильному виборі яскравості і освітленості екрану, контрастності знаків, квітів знаку і фону, за наявності відблисків на

екрані, тремтіння і мигтіння зображення - приводить до зорового стомлення, головних болів, до значного фізіологічного і психічного навантаження, до погіршення зору.

Візуальні параметри і світловий клімат визначають зоровий дискомфорт, який може виявлятися при використанні будь-яких типів екранів дисплеїв, - на електронно-променевих трубках, рідкокристалічних, газорозрядних, електролюмінісценціях панелях або на інших фізичних принципах.

3.4 Електробезпека

Для забезпечення захисту від поразки електричним струмом у використовуваних електроустановках повинні застосовуватися технічні способи і засоби захисту.

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відповідно до ПВЕ і ДСТУ 12.1.013-78 являється приміщенням без підвищеної небезпеки. Приміщення сухе, добре опалюване з струмонепровідною підлогою, з температурою 18-24 °С, з вологістю 40-50%. З електроустаткувань в ньому знаходяться відео термінальні пристрої та учбові стенди, які знаходяться під напругою U = 220 В, частотою f = 50 Гц.

Вибір того або іншого способу або засобу захисту (або їх поєднань) в конкретному електроприладі, і ефективність його вживання залежать від цілого ряду чинників, у тому числі від:

- номінальної напруги;
- роду, форми і частоти струму використовуваного приладу;
- способу електропостачання (від стаціонарної мережі, від автономного джерела живлення електроенергією);
- вигляду виконання (стаціонарні, пересувні, переносні);
- умов зовнішнього середовища;

- схеми можливого включення людини в ланцюг протікання струму (прямий однофазний, прямий двофазний дотик; включення під напругу кроку);

- вигляду робіт (монтаж, наладка, випробування) і ін.

Основними технічними засобами захисту є:

- захисне заземлення;

- автоматичне відключення живлення (занулення);

- пристрої захисного відключення;

- ізоляція струмопровідних частин.

Принцип роботи ПЗВ (рис. 3.3) полягає в тому, що воно постійно контролює вхідний сигнал і порівнює його з наперед заданою величиною. Якщо вхідний сигнал перевищує встановлене значення, то пристрій спрацьовує і відключає захищену електроустановку від мережі. Як вхідні сигнали пристроїв захисного відключення використовують різні параметри електричних мереж, які несуть в собі інформацію про умови поразки людини електричним струмом.

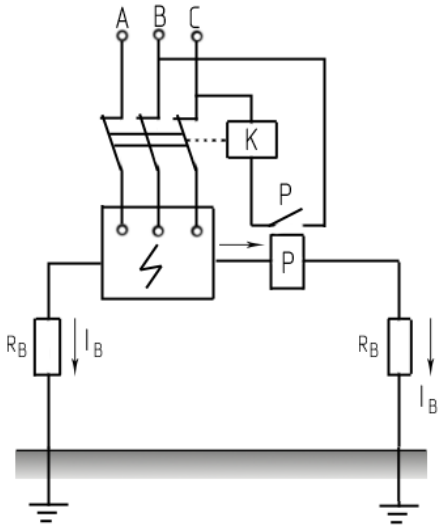


Рисунок 3.3 - Проста схема пристрою захисного відключення

Основними елементами будь-якого пристрою захисного відключення є датчик, перетворювач і виконавчий орган.

Основними параметрами, по яких підбирається те або інші ПЗВ є: номінальний струм навантаження, тобто робочий струм електроустановки, який

протікає через нормально замкнуті контакти ПЗВ в черговому режимі; номінальна напруга; встановлене значення напруги; час спрацьовування пристрою [12].

3.5 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Виробництво напівпровідникових приладів, згідно ДБН В.1.1–7–2002, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням речовин спирту і ацетону з температурою спалаху пари від 28 до 60°С горючих газів. Для зниження пожежної небезпеки використовують обмежену кількість матеріалів які обертаються в процесі, зберігаються, здатні горіти.

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін. Для лабораторії встановлена категорія пожежної небезпеки В.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість пересування людей при евакуації – 16 м/хв [12].

Згідно правилами влаштування електроустановок ПВЕ, будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавок, відноситься до категорії 3 і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації приєднуються при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювачів електроустаткування. Отже, грозозахист заснований на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж на ділянці необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафах, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, в кількості двох вогнегасників на приміщення. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Фанатську, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 3.4).

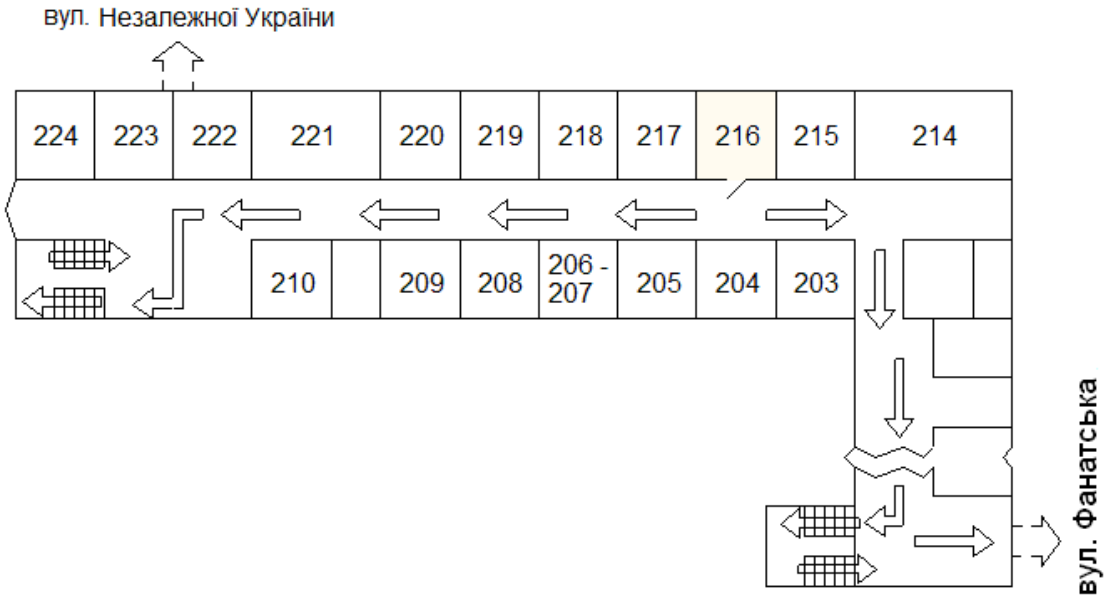


Рисунок 3.4 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

3.6 Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220 В. У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною *l* = 2,5 м, діаметром d = 0,04 м, діаметр сполучної смуги b = 0,04 м. Контур заземлення розташовано на горизонтальному майданчику біля корпусу академії. Грунт – суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою ($R_н$) дорівнює 4 Ом [13]. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинку), ρ якого дорівнює 100 Ом·м [12].

Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_в = \frac{\rho}{2\pi\pi} \cdot \ln\frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5} \ln\frac{4 \cdot 2{,}5}{0{,}04} = 35{,}1О5$$

Приймемо число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{35{,}1}{4} = 8{,}775 \approx 9$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_г = a \cdot n,$$

де а – відстань між вертикальними електродами (а = 2 м)

$$l_г = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м}$$

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi \cdot l_г} \cdot \frac{4 \cdot l_г}{b} = \frac{100}{3{,}14 \cdot 18} \cdot \ln\frac{4 \cdot 18}{0{,}04} = 13{,}2 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача [13]:

$$\eta_в = \frac{0{,}68 + 0{,}56}{2} = 0{,}62$$

і для горизонтальної смуги

$$\eta_г = \frac{0{,}34 + 0{,}4}{2} = 0{,}37$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{гр} = \frac{R_{вз}}{n \cdot \eta_{в}} = \frac{35,1}{9 \cdot 0,62} = 6,3 \text{ Ом}$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

$$R_{г} = \frac{R_{го}}{\eta_{г}} = \frac{13,2}{0,37} = 35,6 \text{ Ом}$$

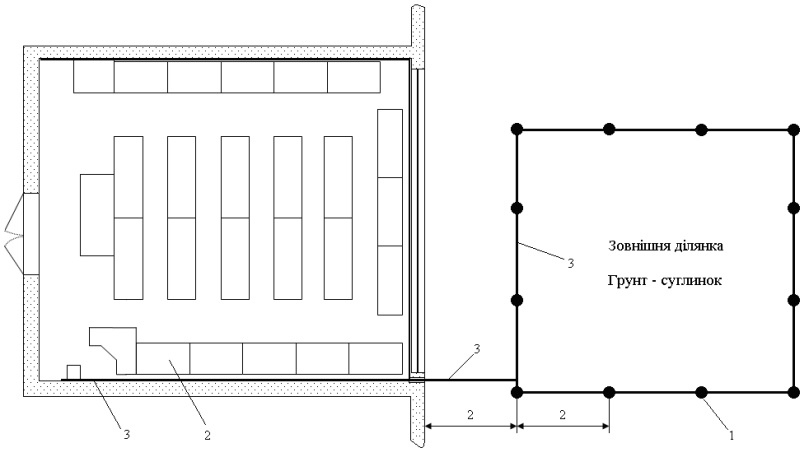
Опір заземлювача в цілому:

$$R_{з} = \frac{R_{гр} \cdot R_{г}}{R_{гр} + R_{г}} = \frac{6,3 \cdot 35,6}{6,3 + 35,6} = 5,3 \text{ Ом}$$

Як видно, опір заземлювача перевищує нормативний (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів: $n = 10$, тоді опір заземлювача в цілому складе $R_з$ = 4,6 Ом, що теж більше $R_н$. Якщо n = 11, то $R_з$ = 4,2 > $R_н$. Якщо n = 12, то $R_з$ = 3,99 < $R_н$.

Число заземлювачів дорівнює 12, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 3.5.

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 12 вертикальних стержнів діаметром 0,04 м, завдовжки 2,5 м, кожен з яких має опір 31,5 Ом. Опір сполучної смуги 13,2 Ом. Опір заземлювачів в цілому складе 3,99 Ом, що забезпечує безпечну роботу на установках лабораторії.



1 – заземлювачі

2 – електроустаткування що заземлюється

3 – сполучна смуга

Рисунок 3.5 – Розміщення заземлюючих електродів на зовнішній ділянці та сполучної смуги лабораторії проведення експерименту

Висновки та рекомендації

1. Розроблена схема пристрою введення інформації з кнопкової клавіатури, та фіксації номера натиснутої клавіші у двійково-десятковому коді, може бути використана для отримання сигналів з контактних датчиків та інших приладів, які спрацьовують за алгоритмои «включено – вимкнено».

2. Розроблена схема перетворювача двійково-десяткового цифрового коду в натуральний двійковий код, дозволяє передати цифрову інформацію на віддалені виконавчі пристрої.

3. Розроблена схема контрольного автомата правильності передачі натурального двійкового коду до виконавчого пристрою, дозволяє передавати сигнали без спотворень.

Рекомендується подальша модернізація перетворення кодованої інформації і методів її контролю.

Перелік посилань

1. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с. ISBN 978-617-685-023-6.

2. Рябенький 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. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера: підручник. Луцьк : ЛДТУ, 2008. 468 с. ISBN 978-966-361-264-5.

4. Бойко В. І., Багрій В. В. Цифрова схемотехніка. Київ : ІЗМН, 2001. 228 с.

5. Бойко В.І. Основи схемотехніки електронних систем : підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с

6. Бабіч Н.П., Жуків И.А. Комп'ютерна схемотехніка. Київ : «МК-Прес», 2004. – 576 с.

7. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.

8. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Тарновський М. Г. Оптоелектронна схемотехніка. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 189 с.

9. Воробйова О.М., Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник. Одеса : ОНАЗ, 2015. 298 с.

10. Світанько М. В., Верьовкін Л. Л., Кісельов Є. М. Автоматизація схемотехнічного проектування : Навчально-методичний посібник. Для студ. ЗДІА напряму 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 120 с.

11. Кожемякін Г.Б. Рижков В.Г., Бєлоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт

для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

12. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. – К.: Вища шк., 1988. - 240 с.

13. Горобец А.И., Степаненко А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. – К.: Техника, 1987. – 345 с.

Додаток А

«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Науково-дослідна частина

Наукове товариство студентів, аспірантів і докторантів

Рада молодих вчених

РАДА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ЗНУ

НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ЗНУ

ЗБІРНИК

наукових праць студентів,

здобувачів PhD, докторантів і молодих вчених

«МОЛОДА НАУКА-2025»

Том V

«Секції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету»

Запоріжжя
2025

Кліменко Давід
Здобувач 4 курсу ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
Наук. кер.: канд. техн. наук, доц. Ніконова А.О.

ДВІЙКОВО - ДЕСЯТКОВІ КОДИ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ

Двійково-десяткові коди (ДДК) є способом представлення десяткових чисел у цифрових пристроях за допомогою двійкових комбінацій. Важливою особливістю такого кодування є відповідність кожної десяткової цифри унікальній послідовності нулів і одиниць, що забезпечує однозначне відображення чисел у двійковій системі. Для цього необхідно використовувати щонайменше чотири двійкові розряди для представлення кожної окремої десяткової цифри, оскільки 4 біти дозволяють закодувати 16 різних комбінацій, що достатньо для 10 цифр десяткової системи.

Однією з основних властивостей двійково-десяткових кодів є адитивність. Це означає, що для отримання ДДК суми двох десяткових чисел можна користатися безпосереднім додаванням їхніх двійково-десяткових представлень. Така особливість значно спрощує виконання арифметичних операцій у цифрових пристроях, оскільки не вимагає додаткових перетворень між різними системами числення. Наприклад, якщо необхідно виконати одавання двох цифр у двійково-десятковому форматі, то результат буде коректним у межах десяткових значень, а перевищення допустимого значення (тобто 9) потребує корекції шляхом додавання шістки (0110) для отримання правильного двійкового представлення.

Ще однією важливою властивістю є впорядкованість, що означає, що двійкові коди повинні зберігати той самий порядок чисел, що й у десятковій системі. Це є необхідною умовою для порівняння чисел та виконання логічних операцій у цифрових схемах, оскільки дозволяє реалізувати коректне сортування та інші операції, пов’язані з аналізом числових послідовностей.

Парність у двійково-десяткових кодах також має важливе значення. Вона означає, що всі парні десяткові цифри мають відповідати або лише парним, або лише непарним двійковим кодам. Такий підхід значно полегшує виконання множення, ділення та операцій округлення, оскільки дозволяє оптимізувати алгоритми виконання цих операцій та зменшити кількість необхідних апаратних ресурсів.

Доповняльність є ще однією корисною властивістю двійково-десяткових кодів. Суть її полягає в тому, що сума двійкового представлення будь-якої цифри та її зворотного коду (тобто доповнення) повинна дорівнювати коду цифри 9. Це широко використовується при виконанні арифметичних операцій, особливо для виявлення переносу при додаванні та під час роботи з десятковими доповненнями, які застосовуються для віднімання.

Для утворення доповняльного коду від'ємного двійкового числа потрібно додати до його оберненого коду одиницю до молодшого розряду. Пристрій перетворення доповняльного коду в прямий необхідний для того, щоб при відніманні меншого числа від більшого, сигнал із суматора додаткового коду перетворювався на двійковий. Розроблена схема перетворювача доповняльного коду в прямий на реальних елементах представлена на рисунку 1.

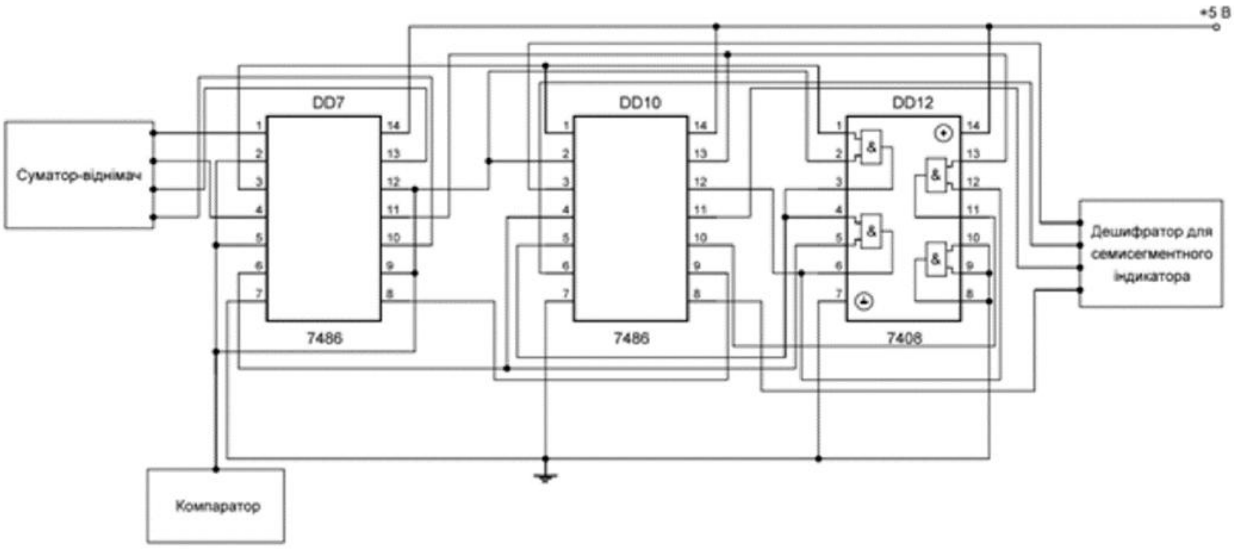


Рисунок 1 – Схема перетворювача додаткового коду в прямий

Перетворювач доповняльного коду у двійковий (рис. 1) перетворює двійкове число, представлене в доповняльному коді, у двійкове число, представлене в прямому коді, якщо з компаратора не поступає сигнал тоді перетворення коду не відбувається.

Завдяки своїм унікальним властивостям двійково-десяткові коди широко застосовуються в цифровій техніці, особливо в пристроях, де необхідно працювати з десятковими числами, таких як калькулятори, фінансові системи та електронні пристрої обліку.

Література

1. Мікропроцесори та цифрова електроніка: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / К.К. Побєдаш, В.А. Святненко. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.120 с.

2. Цифрова схемотехніка. Підручник для здобувачів технічних вузів і коледжів / Укл.: Л.Л. Верьовкін, М.В. Світанько, Є.М. Кісельов, С.Л. Хрипко. Запоріжжя. Видавництво ЗДІА. 2016. 214 с.