

ДОМАШНЄ ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Тема: Застосування алгебри Буля для опису й проектування логічних елементів і систем

Теоретичні відомості

Системи логічного керування (СЛК) бувають комбінаційними й послідовністними. Останні називаються також подієво-керуючими автоматами.

У комбінаційних СЛК (їх називають одноктактними) вихідні сигнали формуються тільки при певних комбінаціях вхідних логічних сигналів, що приймають значення 0 або 1. У послідовністних СЛК (багатотактних) вихідні сигнали залежать не тільки від комбінації вхідних, але й послідовності їхнього надходження в часі, що забезпечується наявністю елементів пам'яті.

Словесний виклад роботи навіть простих СЛК виглядає громіздко й затрудняє проведення аналізу. Математичним апаратом для опису СЛК служить двозначна (бінарна) алгебра Буля, всі змінні у якій можуть приймати тільки два значення: 0 або 1.

Основним поняттям, яке використовується при аналізі й синтезі систем логічного керування, є логічна функція.

Принципи побудови логічної функції по алгоритму роботи системи автоматики нижче ілюструється на прикладі.

Логічна функція виражає залежність вихідних змінних від вхідних і також приймає, залежно від значення останніх і поєднання їхніх логічних дій, два стани: 0 або 1. Можна зустріти й такий запис цих станів: Хиба або Істина, False або True.

Тому що кожна змінна може мати тільки два значення, то можлива кількість різних комбінацій(наборів) N для n змінних буде дорівнює $N = 2^n$.

Всі дії над змінними в бінарній алгебрі виконуються за допомогою наступних основних операцій, які наочно ілюструються відповідними РКС (релейно-контактна схема).

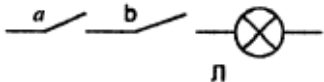
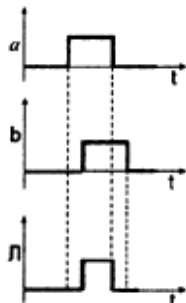
З метою спрощення наступних алгебраїчних дій приймемо наступні допущення: котушки електромагнітних реле будемо позначати A, B, C тощо, а їх замикаючі й розмикальні контакти прописними a, b, c і $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ відповідно.

1. Логічне множення

Логічне множення (кон'юнкція, функція «І») $L = ab$ рівнозначно послідовному з'єднанню контактів. Всі можливі комбінації вхідних сигналів і відповідні їм значення функції зведені в таблицю станів. Очевидно що тільки в одному випадку результатом логічного множення стане одиниця, тобто лампа L «спрацює», якщо замкнути контакти й a , і b . Із цієї словесної формули «И» перейшов у позначення функції (як синонім логічного множення) і в назву безконтактного елемента.

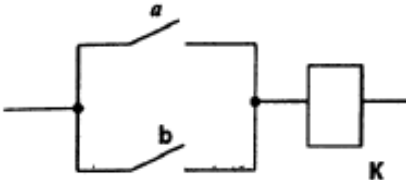
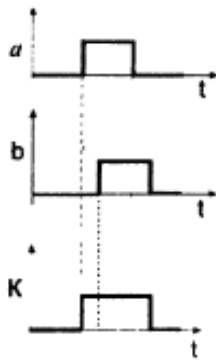
Застосовуються й інші позначення логічного множення

$$a \cdot b = a \wedge b = a \& b = ab.$$

РКС	Таблиця станів	Тимчасові діаграми															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>a</i></th><th><i>b</i></th><th>Л</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	<i>a</i>	<i>b</i>	Л	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
<i>a</i>	<i>b</i>	Л															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															

2. Логічне додавання

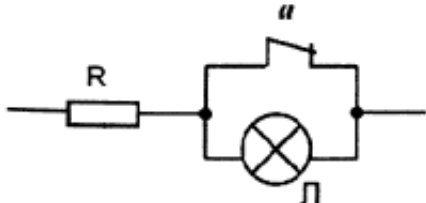
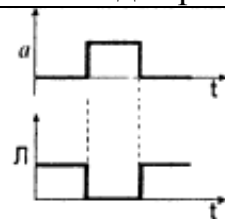
Результат логічного додавання (диз'юнкції, операція «АБО») $K=a+b$, легко встановити з аналізу схеми з паралельним з'єднанням контактів.

РКС	Таблиця станів	Тимчасові діаграми															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>a</i></th><th><i>b</i></th><th>К</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	<i>a</i>	<i>b</i>	К	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
<i>a</i>	<i>b</i>	К															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															

Очевидно, що котушка реле К одержить живлення, якщо замкнуті контакти або *a*, або *b*, або обоє разом. Замість знака «+» іноді вживають « $\vee$ »:
 $a + b = a \vee b$.

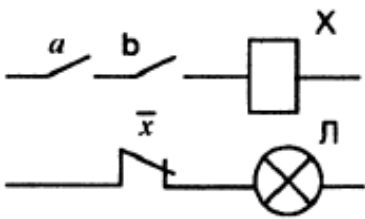
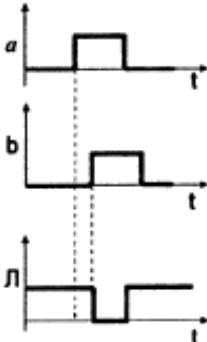
3. Логічне заперечення

Логічне заперечення (інверсія, операції «НЕ») $L = \bar{a}$, що означає, що значення логічної функції Л протилежно або нерівносильне значенню змінної *a*. У нашій прикладі лампа горить ($L=1$), якщо контакт *a* **не** замкнути ($a=0$), і лампа гасне ($L=0$), якщо контакт **не** розімкнути ($a=1$).

РКС	Таблиця станів	Тимчасові діаграми						
	<table><tr><th><i>a</i></th><th>Л</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	<i>a</i>	Л	0	1	1	0	
<i>a</i>	Л							
0	1							
1	0							

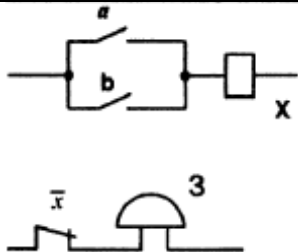
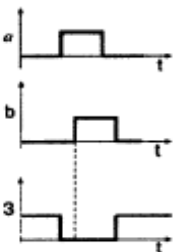
4. Інверсія кон'юнкції

Функція «И – НЕ» $L = \overline{a \cdot b}$

РКС	Таблиця станів	Тимчасові діаграми															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th><th>b</th><th>Л</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	a	b	Л	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
a	b	Л															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															

5. Інверсія диз'юнкції

Функція «АБО – НЕ» $3 = \overline{a + b}$

РКС	Таблиця станів	Тимчасові діаграми															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th><th>b</th><th>3</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	a	b	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
a	b	3															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															

Зазначені логічні операції справедливі й для більшого числа змінних. Зростає при цьому лише кількість можливих комбінацій, тобто число рядків у таблиці станів.

Знак « $\Rightarrow$ », що у звичайній алгебрі є законом рівності, у даному застосуванні виражає рівносильність логічних операцій, що зв'язуються, тому що самі функції позбавлені кількісної міри й можуть приймати лише два якісних стани: 0 або 1.

Аксіоми й закони булевої алгебри

При записі й читанні складних логічних функцій передбачається, що знак інверсії зв'язує сильніше, ніж інші знаки, а знак множення зв'язує сильніше знака логічного додавання. Цей принцип дозволяє скорочувати кількість різних дужок. Наприклад, логічну функцію

$$X = \overline{\left(\left((a \cdot b) + \overline{(c + d)} \right) \cdot c + a \right) \cdot b}$$

можна записати в більш простій формі

$$X = \overline{(a \cdot b + \overline{c + d}) \cdot c + a \cdot b}.$$

Як і у звичайній алгебрі тут діють наступні закони:
переставний (комутативний):

а) щодо логічного множення: $a \cdot b = b \cdot a$

б) щодо логічного додавання: $a + b = b + a$

сполучний (асоціативний):

а) щодо логічного множення: $(a \cdot b) \cdot c = b \cdot (a \cdot c)$

б) щодо логічного додавання: $(a + b) + c = a + (b + c)$

розподільний (дистрибутивний):

а) щодо логічного множення: $(a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c$

б) щодо логічного додавання: $a \cdot b + c = (a + c) \cdot (b + c)$

Варто звернути увагу на відсутність формальної аналогії між розподільним законом щодо логічного додавання для бінарної алгебри й таким же законом для звичайної алгебри. Дійсно, помножимо $(a + c)$ на $(b + c)$

$$(a + c) \cdot (b + c) = ab + bc + ac + cc$$

Тому що $cc=c$, то

$$ab + bc + ac + c = ab + c(b + a + 1)$$

Тому що $b + a + 1 = 1$, то

$$ab + c \cdot 1 = ab + c$$

що було потрібно довести.

Приклад Проектування комбінаційної СЛК

Необхідно розробити СЛК якимсь уявлюваним технологічним процесом. У результаті обстеження самого процесу й бесіди з технологами виявили необхідну кількість і характеристики прийомних і виконавчих елементів і сформулювали алгоритми роботи проектованої СЛК.

Отже, прийомні елементи: кнопка пуску КП, реле рівня РР й реле температури РТ і виконавчі елементи: асинхронний двигун Д та малопотужна сигнальна лампа низької напруги ЛН. Прийомні елементи, що виробляють дискретні сигнали, підключені до котушок електромагнітних реле А, В, С, установлених на входах СЛК й маючих достатню кількість замикаючих і розмикальних контактів для синтезу самого логічного блоку.

Тому для запису умов спрацьовування виконавчих елементів будемо для стислості використати позначення котушок реле, а не самих датчиків.

Умови спрацьовування для Д:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, В, але не спрацьовує С;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, С, але не спрацьовує В;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує А, але не спрацьовують В і С.

Умови для спрацьовування ЛН:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, але не спрацьовують А і С.

Складемо основний елемент синтезу – таблицю станів, у якій розглядаємо всі можливі комбінації станів прийомних елементів. Тому що прийомних елементів три – то можливі числа комбінацій дорівнює восьми, тобто маємо вісім рядків у таблиці станів. Стан виконавчих елементів записуємо відповідно до алгоритму: якщо елемент спрацьовує – ставитися 1, у протилежному випадку – 0.

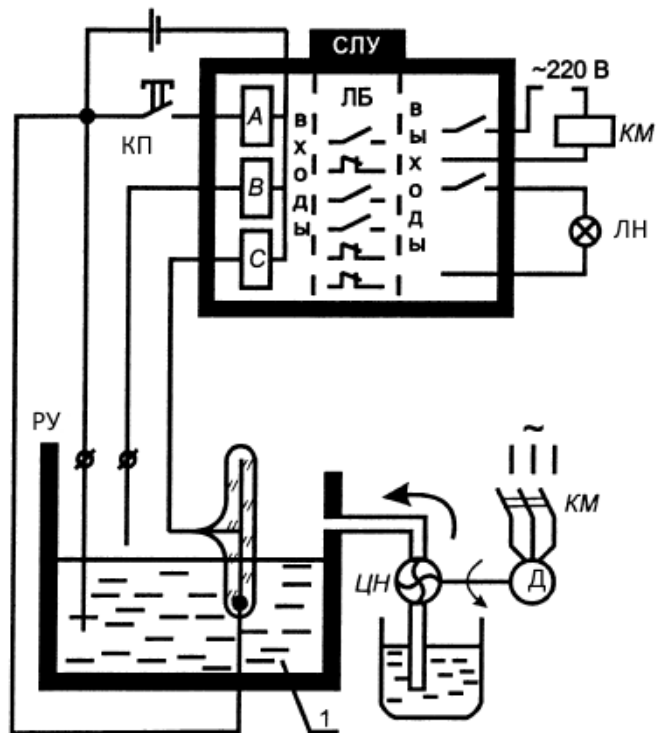


Рисунок 1 – Деякий технологічний процес

У загальному випадку кількість комбінацій N_{cp} спрацьовування будь-якого виконавчого елемента лежить у межах $1 \leq N_{cp} \leq 2^n - 1$, так як якщо $N_{cp} = 0$, то виконавчий елемент ніколи не включається. Якщо ж $N_{cp} = 1$ – то ніколи не відключається.

	A	B	C	D	ЛН
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1
6	1	0	1	1	0
7	1	1	0	1	0
8	1	1	1	0	0

Перейдемо до складання логічної функції. Для цього складемо частинні умови спрацьовування для елемента М:

$$D_1 = a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}, D_2 = a \cdot \bar{b} \cdot c, D_3 = a \cdot b \cdot \bar{c}.$$

Загальні умови спрацьовування запишемо як диз'юнкцію частинних умов спрацьовування. Це означає, що елемент Д спрацює, якщо буде виконана або одна частинна умова спрацьовування, або всі частинні умови, або їх комбінація:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} = a \cdot \bar{b}(c + \bar{c}) + a \cdot b \cdot \bar{c} =$$

$$= a \cdot \bar{b} + a \cdot b \cdot \bar{c} = a \cdot (\bar{b} + b \cdot \bar{c}) = a \cdot (\bar{b} + \bar{c}).$$

Аналогічно складемо логічну функцію для елемента ЛН:

$$ЛН_1 = \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}; ЛН_2 = a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}, \text{ тоді}$$

$$ЛН = \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} = \bar{c} \cdot (\bar{a} \cdot b + a \cdot \bar{b}).$$

Логічні функції для Д і ЛН можна було одержати виходячи з умов неспрацьовування.

Наприклад, для Д з першого рядка таблиці треба:

$$Д_1 = a + b + c.$$

Аналогічно для інших умов неспрацьовування:

$$Д_2 = a + b + \bar{c}; Д_3 = a + \bar{b} + c; Д_4 = a + \bar{b} + \bar{c}; Д_5 = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c}.$$

Загальна умова неспрацьовування буде кон'юнкцією чатинних умов:

$$Д = (a + b + c) \cdot (a + b + \bar{c}) \cdot (a + \bar{b} + c) \cdot (a + \bar{b} + \bar{c}) \cdot (\bar{a} + \bar{b} + \bar{c}).$$

За законом склеювання¹ згрупуємо перший і другий, четвертий і п'ятий співмножники. Тоді

$$Д = (a + b) \cdot (a + \bar{b} + c) \cdot (\bar{b} + \bar{c}).$$

Відкриваємо дужки, і, виконуючи множення, одержуємо

$$Д = a \cdot (\bar{b} + \bar{c}).$$

¹ Закони склеювання: $a \cdot b + a \cdot \bar{b} = a \cdot (b + \bar{b}) \cdot (a + b) = a.$

ЗАВДАННЯ²

Розробити систему логічного керування (СЛК) уявленим технологічним процесом. Були сформульовані наступні алгоритми роботи проектованої СЛК.

Прийомні елементи: кнопка пуску КП, реле рівня РУ й реле температури РТ і виконавчі елементи: асинхронний двигун Д и малопотужна сигнальна лампа низької напруги ЛН. Прийомні елементи, що виробляють дискретні сигнали, підключені до котушок електромагнітних реле А, В, С, D, E, F установлених на входах СЛК й маючих достатню кількість замикаючих і розмикальних контактів для синтезу самого логічного блоку.

Варіант 1

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує F,D, але не спрацьовують A,B,C,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують E,D,F, але не спрацьовують A,B,C;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує E,D, але не спрацьовують A,B,C,F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує A, E, F, але не спрацьовують B і C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує B, E, F але не спрацьовують A і C.

Варіант 2

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують D,C,E, але не спрацьовують A,B,F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують D,E,F,C, але не спрацьовують A,B;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують C,F,D, але не спрацьовують A,B,E;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує A, але не спрацьовують B,C,F і E.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує B,C,F але не спрацьовують A і E.

Варіант 3

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують B,D,C, але не спрацьовують A,E,F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують B, E, D,C, але не спрацьовують A,F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує C,D, але не спрацьовують A,B,E,F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує A,C,E, але не спрацьовують B і F.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує B, C,E, але не спрацьовують A і F.

² Варіант обирати з розрахунку $h \cdot n$

Варіант 4

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Е,Ф, але не спрацьовують А,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е,Ф, але не спрацьовують А,С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Ф, але не спрацьовують А,С,Е,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф,А, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Ф,Е,А,Д, але не спрацьовують А і С.

Варіант 5

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує В,Д, але не спрацьовують А,С,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Д,С, але не спрацьовують А,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е,Д,але не спрацьовують А,С,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,Е,Ф, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В,Е,Ф, але не спрацьовують А і С.

Варіант 6

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує А,Д, але не спрацьовують В,С,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Д, але не спрацьовують С,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Д, але не спрацьовують Е,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує С,Е але не спрацьовують В і А.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В,Е але не спрацьовують А і С.

Варіант 7

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Е, але не спрацьовують Ф,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Е,Ф, але не спрацьовують В,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е,Ф, але не спрацьовують В,С,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,Д,Е,Ф, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф, але не спрацьовують А, В і С.

Варіант 8

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Е,Ф, але не спрацьовують С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Ф, але не спрацьовують С,Д,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Ф, але не спрацьовують Е,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,С,Е але не спрацьовують В і D.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує С,Е, але не спрацьовують А,В і D.

Варіант 9

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Е, але не спрацьовують А,Е,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Е, але не спрацьовують С,Д,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Е, але не спрацьовують В,Д,Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Е, але не спрацьовують А,В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Е, але не спрацьовує А.

Варіант 10

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Д,але не спрацьовують Е,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е, але не спрацьовують В,С,Д,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Е,Д,Е, але не спрацьовує А;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,Е, але не спрацьовують В,С і Е.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,В,Е, але не спрацьовують С,Е.

Варіант 11

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е,Е,Д, але не спрацьовують А,В,С;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Д, але не спрацьовують А,В,С,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують С,Д,Е, але не спрацьовують А,В,Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Д але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е, але не спрацьовують А і С,Д.

Варіант 12

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е,Е,С, але не спрацьовують А,В,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують С,Е,Д, але не спрацьовують А,В,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Д, але не спрацьовують А,Е,Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е, але не спрацьовують А і В.

Варіант 13

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е,С, але не спрацьовують А,Ф,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує С,Д, але не спрацьовують А,В,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Е,Ф, але не спрацьовують А,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,Д,Ф, але не спрацьовують Е і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує С,Д, але не спрацьовують А і В.

Варіант 14

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е,Ф, але не спрацьовують А,С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Д,Ф, але не спрацьовують А,С,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує В,Д але не спрацьовують А,С,Е,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А, але не спрацьовують В і Е.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Е, але не спрацьовують Ф і В.

Варіант 15

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Д, але не спрацьовують А,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е, але не спрацьовують А,С,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує А,Д, але не спрацьовують В,С,Е,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,В,Д,Ф, але не спрацьовують Е і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В,С, але не спрацьовують А і Ф.

Варіант 16

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Д, але не спрацьовують С,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С, але не спрацьовують Д,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С, Е, але не спрацьовують Д,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е,Ф, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф, але не спрацьовують А і В.

Варіант 17

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Е,Ф, але не спрацьовують В,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е,Ф, але не спрацьовують В,С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Е,Ф, але не спрацьовують С,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують D,E,A, але не спрацьовують B і C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує D,E, але не спрацьовують A і C.

Варіант 18

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,B,F, але не спрацьовують C,D,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,B,C,F, але не спрацьовують D,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують B,C,F,D, але не спрацьовують A,E;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують A,B але не спрацьовує C,D.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують A,E, але не спрацьовує B,D.

Варіант 19

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,B,D,E, але не спрацьовують C,F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,C,F, але не спрацьовують B,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,B,C,D, але не спрацьовують E,F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують A,C, але не спрацьовує B.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує C,E, але не спрацьовують A і B.

Варіант 20

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,F,D, але не спрацьовують B,C,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують B,C,E,F, але не спрацьовує A,D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,B,F, але не спрацьовують C,D,E;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують B,E, але не спрацьовує C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують C,E, але не спрацьовують A і B.

Варіант 21

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують E,F,D, але не спрацьовують A,B,C;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують C,E,D, але не спрацьовують A,B,F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують C,F,D, але не спрацьовують A,B,E;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують A,F,D, але не спрацьовують B і C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують E,F,D, але не спрацьовують A і B.

Варіант 22

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Е,С, але не спрацьовують А,Ф,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Е,Ф, але не спрацьовують А,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,Ф, але не спрацьовують А,С,Д,Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують В,Ф, але не спрацьовує С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують Е,А, але не спрацьовує В.

Варіант 23

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Д але не спрацьовують А,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує А,Д але не спрацьовують В,С,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Д, але не спрацьовують Е,Ф;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують Ф,С, але не спрацьовує В,Д.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е, але не спрацьовує В.

Варіант 24

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Е,Ф, але не спрацьовує В,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Е,Ф, але не спрацьовує С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,С,Д,Ф, але не спрацьовує Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А,С, але не спрацьовує В.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А,Е, але не спрацьовує С.

Варіант 25

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Ф, але не спрацьовують А,В,С,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Е, але не спрацьовують А,В,С,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е,Ф,Д,С, але не спрацьовують А,В;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А,Ф, але не спрацьовує С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують Е,Ф, але не спрацьовує В,Д.

Варіант 26

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Д, але не спрацьовують А,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує С,Д, але не спрацьовують А,В,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, Д,Е,Ф, але не спрацьовують А,С;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують С,Е, але не спрацьовує А.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує F, але не спрацьовують С і В.

Варіант 27

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує В, D, але не спрацьовують А, С, Е, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, Е, але не спрацьовують А, С, D, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, В, D, але не спрацьовують С, Е, F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовують А, F, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує F, але не спрацьовують А і В.

Варіант 28

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, В, С, Е, але не спрацьовують D, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, Е, F, але не спрацьовують В, С, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, В, F, але не спрацьовують С, D, Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, С, але не спрацьовують А, F.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е, але не спрацьовують А і В.

Варіант 29

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує F, Е, але не спрацьовують А, В, С, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е, D, F, але не спрацьовують А, В, С;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує Е, D, але не спрацьовують А, В, С, F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А, Е, С, але не спрацьовують В і F.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, Е, С але не спрацьовують А і F.

Варіант 30

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, С, Е, але не спрацьовують D, В, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А, Е, F, С, але не спрацьовують D, В;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують С, F, А, але не спрацьовують D, В, Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е, але не спрацьовують В, С, F і А.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, С, F але не спрацьовують А і Е.

Варіант 31

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, D, A, але не спрацьовують С, E, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, E, D, A, але не спрацьовують С, F;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує A, D, але не спрацьовують С, В, E, F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує A, C, F, але не спрацьовують В і E.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, C, F, але не спрацьовують A і E.

Варіант 32

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, C, E, A, але не спрацьовують F, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, E, A, але не спрацьовують F, C, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В, A, але не спрацьовують F, C, E, D;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує E, F, A, але не спрацьовують В і C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує F, E, A, D, але не спрацьовують C.

Варіант 33

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує F, D, але не спрацьовують A, C, E, B;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують F, D, C, але не спрацьовують A, E, B;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують F, E, D, але не спрацьовують A, C, B;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує A, E, C, але не спрацьовують В і F.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В, E, C, але не спрацьовують A і F.

Варіант 34

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовує A, F, але не спрацьовують В, C, E, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A, B, F, але не спрацьовують C, E, D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A, B, C, F, але не спрацьовують E, D;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує F, E але не спрацьовують В і A.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує D, E але не спрацьовують A і F.

Варіант 35

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A, B, C, D, але не спрацьовують F, E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A, C, D, F, але не спрацьовують В, E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A, D, F, але не спрацьовують В, C, E;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,Е,Ф, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф, але не спрацьовують А і С.

Варіант 36

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Д,Е,Ф, але не спрацьовують С,В;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Д,Ф, але не спрацьовують С,В,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,Д,С,Ф, але не спрацьовують Е,В;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує А,В,Ф але не спрацьовують С і Е.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує В,Ф, але не спрацьовують А,Д і С.

Варіант 37

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують В,С,Д, але не спрацьовують А,Е,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,В,Ф, але не спрацьовують С,Д,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Д, але не спрацьовують В,Ф,Е;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Ф, але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Д,Е, але не спрацьовує А.

Варіант 38

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е,В,С,Д,але не спрацьовують А,Ф;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують С,Ф, але не спрацьовують В,А,Д,Е;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують А,С,Е,Д,Ф, але не спрацьовує В;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф, але не спрацьовують В,С і А.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,В,Ф, але не спрацьовують С,А.

Варіант 39

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують Е,Ф,В, але не спрацьовують А,Д,С;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Ф, але не спрацьовують А,В,С,Д;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують С,Ф,Е, але не спрацьовують А,В,Д;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Е,Д але не спрацьовують В і С.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує Ф, але не спрацьовують А і С,Д.

Варіант 40

Умови спрацьовування для асинхронного двигуна:

- Д спрацьовує, якщо спрацьовують E,F,A, але не спрацьовують C,B,D;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують A,F,D, але не спрацьовують C,B,E;
- Д спрацьовує, якщо спрацьовують B,A,D, але не спрацьовують C,E,F;

Умови для спрацьовування сигнальної лампи низької напруги:

1. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує F, але не спрацьовують B і C.
2. ЛН спрацьовує, якщо спрацьовує D, але не спрацьовують A і B.

Контрольні питання

1. Напишіть таблицю істинності двох змінних для операції кон'юнкції.
2. Напишіть таблицю істинності двох змінних для операції диз'юнкції.
3. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції кон'юнкції.
4. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції диз'юнкції.
5. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції імплікації.
6. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції стрілки Пірса.
7. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції штриха Шеффера.
8. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції інверсії кон'юнкції.
9. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції диз'юнкції.
10. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції додавання за модулем 2.
11. Напишіть таблицю істинності трьох змінних для операції еквівалентності.
12. Якими бувають системи логічного керування?
13. Що таке логічна функція?
14. Запишіть таблицю істинності заданої формули.
15. Закони булевої алгебри.