ДОДАТОК А

Завдання

Одержати мінімальну форму та побудувати принципову схему для реалізації логічної функції п'яти змінних конституєнти одиниці і невизначеності (позначені значком *) відповідно до заданого варіанта вхідних даних таблиці 4.2. Мінтерми задані їх десятковими еквівалентами .

При побудові схеми використовувати логічні елементи ***НЕ***, ***І-НІ***, ***І-АБО-НІ*** мікросхем системи ***ТТЛ/ТТЛШ*** (позначення типу перерахованих мікросхеми – **ЛН, ЛА, ЛР**) Загальне число використаних корпусів мікросхем *не повинне бути більше трьох*.

Методичні вказівки до виконання завдання

Для створення схем, що реалізують булеву функцію, необхідно мати її математичний вираз. Його можна одержати на основі нормальних форм представлення функції. Таких форм є дві: досконала диз'юнктивна нормальна форма (***ДДНФ***) і досконала кон'юнктивна нормальна форма (***ДКНФ***). Найбільш часто використовується ***ДДНФ***. Згідно неї математичний вираз функції дорівнює диз'юнкції (сумі) добутків (кон'юнкцій) значень функцій на відповідні мінтерми:

$$\boldsymbol{F} = \sum_{i=0}^{N-1} \boldsymbol{f}_i \cdot \boldsymbol{M}_i \,, \tag{2.1}$$

де f_i – i-те значення функції;

M_i – i-тий мінтерм;

$N = 2^n$, повне число значень функції при всіх сполученнях аргументів;

i – число аргументів в заданій функції (рахунок починається з $i = 0$).

Таблиця А.1

№ варіанта	**Номери мінтермів**
1	***1, 2, 3, 4, 9, 10*, 11*,12*, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 27*, 28*,29****
2	***0*, 2*, 4, 5*, 6*, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20*, 24*, 25, 26*, 27* 28, 29***
3	***1, 2, 3*, 4*, 6*, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17*, 19, 20, 21, 22*, 23*, 25, 27*, 28*, 29*, 30***
4	***4, 5, 6, 7, 8, 11, 12*, 13*, 14, 15, 18*, 20*, 21, 24*, 27, 28, 29***
5	***0, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 13*, 14*, 15, 16, 17, 18*, 23, 24*, 25*, 26, 27*, 28****
6	***2, 3, 4, 5, 6*, 7*, 8*, 9, 12*, 13*, 14, 15, 16, 17, 18*, 19*, 26, 27***
7	***0*, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9*, 10, 14, 15, 16*, 17, 18*, 20*, 21*, 22*, 24, 25, 26, 27****
8	***1, 4*, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13*, 14*, 19, 20, 21*, 22*, 27, 28, 29*, 30, 31****
9	***0*, 1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 16, 17*, 18*, 19, 22, 23*, 26*, 27, 29*, 30****
10	***0*, 1, 2, 3, 4, 5*, 6*, 8, 12*, 14, 15*, 16, 17*, 19*, 20*, 21*, 22, 24, 30****
11	***0, 1, 2, 3*, 6*, 7, 9*, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 22, 23*, 25, 28*, 29, 30*, 31***
12	***0, 1, 2, 3*, 8, 9*, 10, 11*,14*, 15, 17, 20, 24, 25, 26, 27, 28*, 31****
13	***4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 17, 18, 19*, 20*, 21*, 22, 23, 29*, 30****
14	***1*, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18*, 20, 21, 22, 23, 30***

Продовження таблиці 4.2

15	***0, 1*, 2*, 3*, 4*, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 23*, 25, 26, 28, 30***
16	***3, 4, 5, 6, 7, 8, 12*, 13*, 14, 15, 18*, 20*, 21, 24*, 26, 27*, 28, 29***
17	***0*, 1, 2*, 3*, 4, 7*, 6*, 10, 12*, 17*, 18, 19, 20*, 22, 23*, 26*, 30****
18	***1, 2, 3*, 4*, 6*, 9, 10, 11, 12, 14, 17*, 19, 20, 21, 22*, 23*, 25, 27*, 28*, 30, 31***
19	***1*, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18*, 20, 21, 22, 23***
20	***0*, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13*, 14, 15, 18*, 22, 23, 24, 25*, 26, 27, 31***
21	***0, 3, 4*, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14*, 15*, 19, 20, 22*, 23*, 27, 28, 29*, 30, 31****
22	***0, 1, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 20*, 22*,24, 26, 27*, 29*, 30, 31***
23	***0*,1*, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 20, 24*, 25*, 26*, 28, 29, 30***
24	***1, 2, 4, 6, 8, 9, 11*, 12, 13*, 14, 16, 17*, 20, 22, 24, 25*, 26*, 28, 29*, 30****
25	***1, 2, 6*, 8, 9, 10, 12, 14, 16*, 18, 20, 21, 22, 23*, 24, 26, 28, 29, 30****
26	***0*, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 16, 17*, 18*, 19, 20, 23*, 24*, 25, 28*, 29*, 30****
27	***0*,1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 13*, 14, 15, 18*, 22, 23, 24, 25*, 26, 27, 31***
28	***8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 18*, 19*, 20, 21, 22, 23, 24, 26*, 27*, 30,* 31***
29	***1*, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18*, 20, 21, 22, 23, 27*, 28***
30	***0*, 1*, 2, 3*, 4, 8, 10, 11, 12, 14*, 18*, 19*, 24, 25, 26, 27, 28*, 29*, 30****

Розкриваючи символ диз'юнкції, одержуємо:

$$\boldsymbol{F = f_0\, M_0 + f_1\, M_1 + f_2\, M_2 + \ldots + f_{N-2}\, M_{N-2} + f_{N-1}\, M_{N-1}} \qquad (2.2)$$

Якщо врахувати, що

- ♦ значення функції можуть бути рівні або нулю, або одиниці;
- ♦ при множенні на нуль відповідний мінтерм пропадає, а на одиницю – остання опускається,

то в (2.2) лишаться тільки мінтерми, при яких функція приймає (має) одиничне значення.

Мінтерм дорівнює кон’юнкції (мулевому добутку) всіх аргументів, що взяті в прямому виді, якщо аргумент має одиничне значення, і в інверсному – якщо нульове.

Найбільш просто сприйняти одержання мінтерму на основі таблиці істинності. Розглянемо приклад. Нехай функція трьох аргументів задана таблицею 4.3.

Таблиця 4.3

X1	0	1	0	1	0	1	0	1
X2	0	0	1	1	0	0	1	1
X3	0	0	0	0	1	1	1	1
$\boldsymbol{f_i}$	1	0	1	1	0	0	*	1

У її перших трьох рядках наведені значення аргументів, в останньому – значення функції, що утворюється при сполученні значень аргументів, що стоять у колонці над функцією. Наприклад, при ***X1*** = 0, ***X2*** = 0, ***X3*** = 0 $\boldsymbol{f_i} \Rightarrow \boldsymbol{f_0} = 1$, а при ***X1*** = 1, ***X2*** = 0, ***X3*** = 0 $\boldsymbol{f_i} \Rightarrow \boldsymbol{f_1} = 0$. При сполученні аргументів ***X1*** = 0, ***X2*** = 1, ***X3*** = 1 функція не визначена. У її клітці проставлений символ *. Тому що такий символ у булевій алгебрі відсутній (також в ній відсутнє й символьне позначення поняття *невизначеності*), то замість нього ***повинне*** бути проставлене значення або $\boldsymbol{f_6} = 0$, або $\boldsymbol{f_6} = 1$. Пояснення, на якому значенні переважніше зупинити вибір, буде зрозуміло з подальшого, а поки що визначення відкладемо.

Мінтермом буде добуток аргументів (чи їхніх інверсій) при кожнім f_i –тим значенні функції. Перший мінтерм, що позначається M_0, дорівнює добутку інверсій аргументів, тому що усі аргументи дорівнюють нулю (див. другий стовпчик таблиці 4.2):

$$M_0 = \overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3}$$

Наступні мінтерми мають вигляд:

$$M_1 = X1\ \overline{X2}\ \overline{X3}; \quad M_2 = \overline{X1}\ X2\ \overline{X3}; \quad M_3 = X1\ X2\ \overline{X3};$$

$$M_4 = \overline{X1}\ \overline{X2}\ X3;\ M_5 = X1\ \overline{X2}\ X3;\ M_6 = \overline{X1}\ X2\ X3;\ M_7 = X1\ X2\ X3.$$

Сполучення значень аргументів, з яких буде утворено мінтерм, збігається зі значенням розрядів певних чисел, що виражені у двійковій системі числення. Якщо прийняти за старший розряд аргумент ***X1***, то відповідність між мінтермами і числами, що написані символами десяткової системи, буде таким:

$$M_0 \Rightarrow 0;\ \ M_1 \Rightarrow 4;\ \ M_2 \Rightarrow 2;\ \ M_3 \Rightarrow 6;\ \ M_4 \Rightarrow 1;$$
$$M_5 \Rightarrow 5;\ \ M_6 \Rightarrow 3;\ \ M_7 \Rightarrow 7.$$

При більшій кількості аргументів зростає розрядність двійкового еквівалента мінтерму. Запис мінтермів у вигляді десяткових цифр скорочує довжину їх запису. Цим широко користуються при завданні булевих функцій. Подібним чином в таблиці 4.2 задані булеві функції, які необхідно реалізувати відповідно до даного завдання. В ній вказані десяткові цифри, що еквівалентні мінтермам, чий набір значень аргументів збігається з двійковим уявленням вказаних чисел. Наприклад, число 3 в п'ятирозрядному двоїчному коді має запис (00011), що відповідає мінтерму ***X1X2X3X4X5.*** Аналогічно для числа 22 маємо 22 ⇒ (10110) ⇒ ***X1X2X3X4X5*** і т.п.

Згідно (2.2), з урахуванням зроблених пояснень, математичний вираз функції, що задана таблицею 4.2, буде мати вигляд:

$$\boldsymbol{F = M_0 + M_2 + M_3 + f_6\, M_6 + M_7 =}$$

$$= \overline{X1}\;\overline{X2}\;\overline{X3} + \overline{X1}\;X2\;\overline{X3} + X1\;X2\;\overline{X3} + f_6\,(\overline{X1}\;X2\;X3) + X1\;X2\;X3.$$

У виразі збережена функція f_6, тому що поки що не визначене її значення. Після її визначення на основі отриманого виразу можна будувати схему, на виході якої будуть вироблятися сигнали, що відповідають заданій таблиці істинності. Наприклад, якщо прийняти $f_6 = 0$, то

$$F = \overline{X1}\;\overline{X2}\;\overline{X3} + \overline{X1}\;X2\;\overline{X3} + X1\;X2\;\overline{X3} + X1\;X2\;X3. \qquad (2.3)$$

З нього видно, що функція може бути отримана як вихідний сигнал четирьохвходового диз'юнктора (булевого суматора), на входи якого подаються сигнали, що відповідають мінтермам (рисунок 2,а).

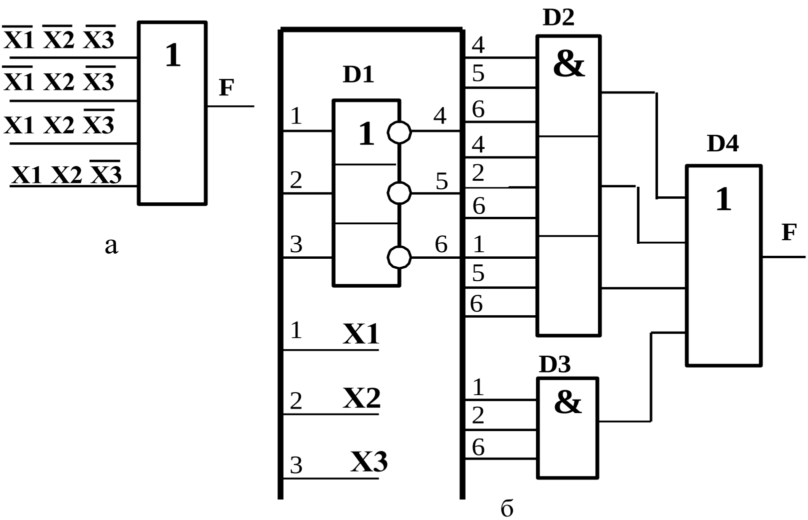

Рисунок 2

Одержати останні можна за допомогою чотирьох трьохвходових кон'юнкторів (логічні елементи ***D2*** і ***D3*** рисунка 2,б), на які подаються сигнали вхідних аргументів у прямому чи інверсному виді. Інверсні сигнали аргументів утворюються на виході трьох інверторів (мікросхема ***D1***, рисунок 2,б).

Однак такий підхід «швидкої» схемної реалізації математичного виразу не завжди є правильним. Обумовлюється це тим, що вираз, отриманий у формі ***ДДНФ*** (чи ***ДКНФ***), найчастіше має зайву, надлишкову інформацію. Необхідно спочатку проаналізувати можливість *спрощення* (*мінімізації*) математичного виразу, одержуючи при цьому і більш просту схему реалізації. Зокрема, рівняння (2.3) може бути спрощене в результаті використання ***закону склеювання***:

$$\boldsymbol{F = \overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ X3 =}$$

$$\boldsymbol{\overline{X1}\ \overline{X3}\ (\overline{X2} + X2) + X1\ X2\ (\overline{X3} + X3) = \overline{X1}\ \overline{X3} + X1\ X2.} \quad (2.4)$$

Таким чином, замість досить складної схеми рисунка 2,б функція може бути отримана на виході двовходового диз’юнктора, на входи якого подаються сигнали від двох двовходових кон’юнкторів. Зменшується і число інверторів бо не треба утворювати інверсію аргументу ***X2***.

Але ще більш просте рівняння можна отримати, якщо при «визначенні невизначеності» прийняти $\boldsymbol{f_6 = 1}$. Тоді вираз функції на основі ***ДДНФ*** ускладниться:

$$\boldsymbol{F = \overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ X3 + X1\ X2\ X3.}$$

Однак шляхом математичних перетворень, виконаних на основі законів булевої алгебри, його можна значно спростити:

$$\boldsymbol{F = \overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ \overline{X3} \overline{+} X1\ X2\ \overline{X3} + \overline{X1} X2 X3 \overline{+} X1 X2 X3 =}$$

$$\boldsymbol{= X1\ X3\ (\overline{X2} + \overline{X2}) + X2\ \overline{X3}\ (X1 + \overline{X1}) \overline{+} X2\ X3\ (X1 + X1) =}$$

$$\boldsymbol{= X1\ X3 + X2\ (X3 + X3) = X1\ X3 + X2.}$$

— В х~~од~~і мінімізації двічі був використаний мінтерм $\boldsymbol{M_2 = X1\ X2\ X3}$. Це припустимо, тому що ***ДДНФ*** являє собою суму одиничних мінтермів, а додання будь-якого числа одиниць, відповідно до визначення логічного додавання, не повинне змінити «одиничний» результат цієї логічної операції.

Як видно з наведених виразів, «склеюються» мінтерми, значення аргументів яких відрізняються тільки значенням однієї змінної. Такі мінтерми називаються *сусідніми*, або *суміжними*. Результат склеювання називається *імплікантою*. Імпліканти також можуть бути суміжними і підлягти наступному склеюванню. Наприклад, у попередньому виразі після першого склеювання були отримані імпліканти ***X2 X3*** і ***X2 X3,*** що розрізняються тільки значенням аргументу ***X3***. У результаті їхнього склеювання була отримана проста імпліканта ***X2***.

Необхідно відзначити, що ***при склеюванні «гинуть» аргументи, значення яких відрізняються.***

Процедуру спрощення ***ДДНФ*** математизовано, тому існує кілька формальних методів, що допомагають одержати мінімізований вираз, не удаючись до математичних перетворень. При числі аргументів, що не перевищує 6 – 7, використовують так називані карти (таблиці) Карно/Вейча, що становлять своєрідні заготівки таблиць істинності. Від таблиці 2, при трьох аргументах, вони відрізняються тільки послідовністю розташування останнього і передостаннього стовпця. При значній кількості аргументів переважно використовують різні комп’ютерні програмами, що присвячені синтезу електронних схем [9].

На рисунку 3 показана таблиця Карно/Вейча для трьох аргументів. У першому рядку наведені чотири можливих сполучення значень аргументів ***X2*** і ***X3*** (00, 01, 11, 10), у першому стовпці – два можливих значення аргументу ***X1***. Комірки (клітки) таблиці мають *нумерацію*, складену зі значення горизонтального аргументу, доповнену значеннями аргументів, розташованих по вертикалі. Номери в двійковій і десятковій (останні в дужках) системах числення наведені внизу комірки. У лівому верхньому куті показані значення функції, яка задана таблицею рисунку 2. Функція може мати тільки два значення, тому проставлені тільки одиничні значення (у вільних комірках значення функції дорівнює нулю).

X1 \ X2X3	00	01	11	10
0	**1** 000 (0)	001 (1)	**1*** 011 (3)	**1** 010 (2)
1	100 (4)	101 (5)	**1** 111 (7)	**1** 110 (6)

Рисунок 3

Сусідніми будуть мінтерми, розташовані в суміжних клітинках та клітинках через два. Для заданої функції є дві групи суміжних мінтермів: (***0* ⇔ *2)*** і (***2* ⇔ *3* ⇔ *6* ⇔** *7*)[1]. При «склеюванні» першої групи одержуємо імпліканту ***X1X3***, другої – ***X2*** (зникають аргументи, що змінюються при переході з комірки в комірку, де розташовані суміжні мінтерми).

На рисунку 4 наведена карта Карно/Вейча для п'яти аргументів. Вона утворена двома таблицями. Адреси комірок першої таблиці відповідають значенню аргументу ***X1*** = 0, другої – ***X1*** = 1. В першій проставляються мінтерми, що відповідають цифрам від 0 до15 у другій – від 16 до 31 (цифри наведені в дужках, що знаходяться в правому нижньому куті комірки).

---

[1] Указані номери комірок, в яких функція має одиничне значення

X1 = 0

X2X3 \ X4X5	00	01	11	10
00	(0)	(1)	(3)	(2)
01	(4)	(5)	(7)	(6)
11	(12)	(13)	(15)	(14)
10	(8)	(9)	(11)	(10)

X1 = 1

X2X3 \ X4X5	00	01	11	10
00	(16)	(17)	(19)	(18)
01	(20)	(21)	(23)	(22)
11	(28)	(29)	(31)	(30)
10	(24)	(25)	(27)	(26)

Рисунок 4

У межі кожної таблиці, як і в попередній карті, сусідніми будуть мінтерми, розташовані в суміжних клітинках і клітинках через два. Наприклад, клітки з номерами ***0 ⇔ 8*** і/чи ***9 ⇔ 11 ⇔ 13 ⇔ 15***. Сусідніми також будуть мінтерми, розташовані в подібних клітинках двох таблиць. Наприклад, ***7 ⇔ 23*** і/або ***1 ⇔ 3 ⇔ 9 ⇔ 11 ⇔ 17 ⇔ 19 ⇔ 25 ⇔ 27***. Мінімізація останньої групи суміжних мінтермів приведе до простої імпліканти ***X3 X5***. Зменшення числа аргументів в остаточному виразі обумовлено наступним:

- ***X1*** «зникає» в зв'язку з переходом з однієї таблиці в іншу (суміжні клітки двох таблиць характеризуються різними значеннями ***X1***);
- ***X2*** – в зв'язку з переходом з першого рядка в останній;
- ***X4*** – в зв'язку з переходом із другого в третій стовпець.

В схемі рисунку 2 використані логічні елементи повного базису ***НІ, І, АБО***. Як зазначено в технічному завданні, при побудові схеми необхідно використовувати елементи**,** що виконують логічні операції ***НІ, І-НІ, І-АБО-НІ.*** Тому необхідно перетворити вихідний математичний вираз так, щоб він описувався через задані функції. Це робиться на основі ***правила де Моргана***. Воно встановлює математичні перетворення, яким піддається булевий вираз при заміні операцій логічного додавання на логічне множення чи навпаки.

Згідно завдання в остаточній схемі не припустимо використання диз’юнкторів. Тому продемонструємо правило де Моргана на прикладі заміни операції додавання на операцію множення. Нехай маємо логічну функцію, у вигляді суми двох додатків:

$$\boldsymbol{F = A + У,}$$

де ***А*** и ***У*** – булеві змінні (аргументи) чи функції, наприклад, два мінтерми, що розглядалися раніше. Їх можна назвати загальним визначенням – ***терми***.

Правило де Моргана дозволяє перетворити доданки в співмножники, але при цьому кожний співмножник повинен бути проінвертований і взята спільна інверсія (інверсія всієї функції):

$$\boldsymbol{F = A + У = \overline{\overline{A}\;\;\overline{У}}.}$$

У виразі, що містить більшу кількість доданків, можна застосовувати правило де Моргана до будь-якої групи додатків:

$$\boldsymbol{F = A + У + З + D = \overline{\overline{\overline{\overline{A}\;\;\overline{У}}}} + З + D = A + \overline{\overline{\overline{\overline{У}\;\;\overline{З}}}} + D =}$$

$$\boldsymbol{= \overline{\overline{A}\;\;\overline{У}} + \overline{\overline{З}\;\;\overline{D}} = \overline{A + У + З\;\;D} = \overline{A\;\;У\;\;З\;\;D}.}$$

Для реалізації функції по останньому виразу терми ***А, У, З, D*** необхідно проінвертувати (операція ***НІ***), а потім перетворити за допомогою четирьохвходового елемента Шеффера (операція ***І-НІ***). При реалізації функції по передостанньому виразу терми ***А, У*** та ***З*** після підсумовування необхідно проінвертувати (загальна операція ***АБО-НІ***), помножити на інверсію ***D*** і проінвертувати результат. Якщо при цьому терми ***А, У, З*** являють собою добуток логічних змінних, то операція ***І*** може бути об'єднана з операцією ***АБО-НІ***. і виконана на одному елементі ***І-АБО-НІ***.

Продемонструємо сказане на прикладі виразу (2.3):

$$F = \overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ X3 =$$

$$= \overline{\overline{\overline{\overline{X1}\ \overline{X2}\ \overline{X3} + \overline{X1}\ X2\ \overline{X3} + X1\ X2\ \overline{X3}}}\quad \overline{X1\ X2\ X3}}$$

Для одержання інверсної суми трьох перших мінтермів необхідно мати елемент ***І-АБО-НІ*** з трьома трьохвходовими кон'юнкторами (так званий елемент ***3-3-І-АБО-НІ***).

Номенклатура логічних елементів системи ***ТТЛ/ТТЛШ*** найбільш використовуваних серій інтегральних мікросхем (***ІМС, МС***), які можуть бути використані при рішенні цього завдання, наведена в ***додатку А***.

ДОДАТОК В

ПАРАМЕТРИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОГЧІНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СЕРІЙ СИСТЕМИ *ТТЛ/ТТЛШ*

У додатку приведені технічні дані на мікросхеми елементів, що можуть бути використані при рішенні завдань контрольної роботи. Мікросхеми узяті з найбільш розповсюджених серій **155** (**К155**, **КМ155**), **К531**, **555** (**К555**, **КМ555**), **КР1531** та **КР1533**. Цокольовка мікросхем в усіх серіях однакова.

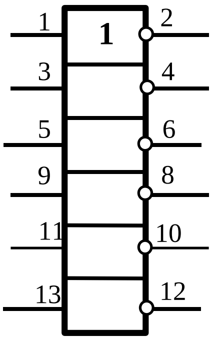

Рисунок В1.1

Інвертори – елементи, що виконують логічну операцію ***НІ***. В усіх зазначених серіях ***ІМС*** є мікросхема **ЛН1,** в якій мається набір з 6 інверторів. Її умовне зображення наведене на рисунку В1.1, типові параметри – в таблиці В1.1. Аналогічні параметри мають і більшість інших мікросхем, що наведені в подальшому.

Таблиця В1.1

Параметр	Серія		
	155	**531**	**555**
Час затримки поширення сигналу $t_{зтр}$, нс	22	5	15
Вихідний струм $I^0_{вих}$, мА	16	20	8
Максимальний струм споживання $I^0_{сп}$*, мА	11	2,2	18

Примітка. * – струм від джерела живлення, що споживається одним інвертором у стані напруги «***0***» на виході. При $U_{вих}$ = «***1***» струм споживання зменшується приблизно в 2,2 рази.

Елемент Шеффера – елемент, що виконує логічну операцію ***І-НІ***. Він є базовім для всіх серій системи ***ТТЛ/ТТЛШ***. В межах серії вони відрізняються по числу входів. Їх цокольовка показана на рисунку А1.2.

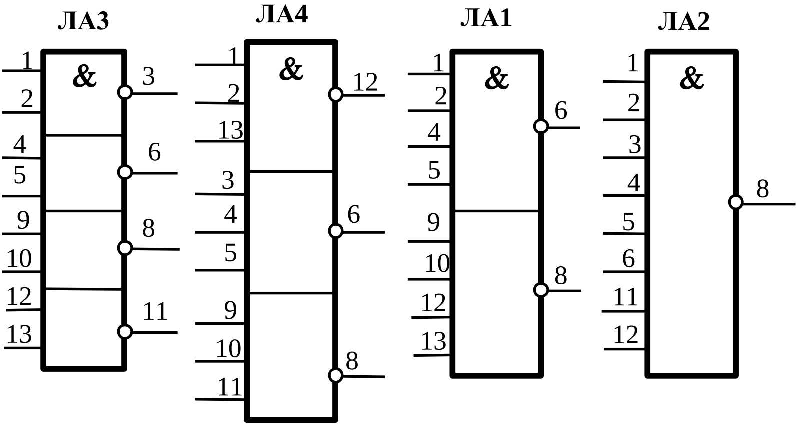

Рисунок В1.2

Цокольовка ***ІМС***, що виконують логічну операцію ***І-АБО-НІ***, представлена на рисунку В1.3. В мікросхемах **ЛР1**, **ЛР3** і **ЛР4** елемент ***АБО*** має виходи колектора і емітера. Їх використовують для нарощування (розширення) числа входів. Для цього з'єднують ідентичні виводи декількох мікросхем.

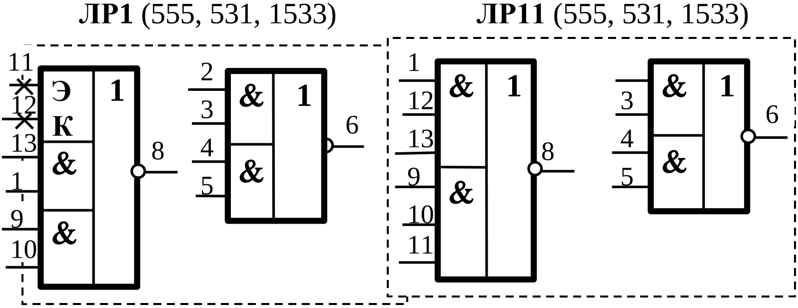

Рисунок В1.3,а

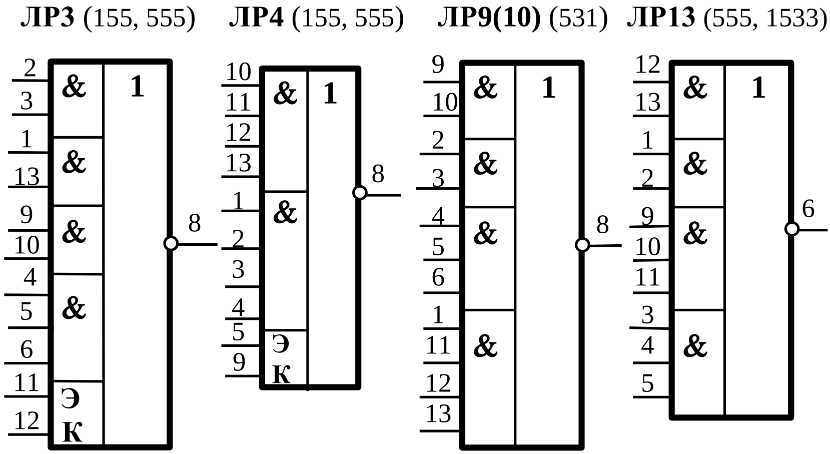

Рисунок В1.3,б

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Купкин Е.С. Цифровая и компьютерная электроника. Файлы ИМП, ЦКЭ1, ЦКЭ2, ЖДТУ, 2005.
2. Схемотехника ЭВМ: Учеб. для студ. вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьева – М.: Высш. шк., 1985. – 391 с.
3. Микроэлектронные устройства автоматики. /Под ред. А.А. Сазонова. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 384 с.
4. Забродин В.С. Промышленная электроника. - М.: Высш. шк., 1982. - 496 с.
5. Скаржепа В.А., Луценко А.Н. Электроника и микросхемотехника. Электронные устройства информационной автоматики: Учебник. /Под общ. ред. А.А. Краснопрошиной - Киев: Выща шк., 1989. - 431 с.
6. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ: Учеб. пособ. для вузов. М.: Высш. шк., 1987.- 318 с.
7. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528 с.
8. Методические указания к лабораторным работам по курсу ЭУАТ /Сост. В.М. Богданов, Е.С. Купкин, П.М. Повидайко.- Киев: КПИ, 1986.- 40 с.
9. Розевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования MICRO-CAP V – М.: СОЛОН, 1997. – с.
10. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. – Челябинск: Металлургия, 1989. – 352 с.
11. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: Справочное пособие. – /Под ред. С.В. Якубовского.- М.: Радио и связь, 1984.- 432 с.
12. Усаченко С.Г. и др. Графическое изображение электрорадиосхем: Справочник. – К.: Техника, 1986.- 120 с.