

## 6. АНАЛІЗ КОМБІНАЦІЙНИХ СХЕМ

Аналіз КС методом синхронного моделювання  
Аналіз КС методом асинхронного моделювання

Задача аналізу полягає в визначенні статичних і динамічних властивостей комбінаційної схеми (КС). В статистиці визначаються булеві функції (БФ), які реалізуються відомою структурою комбінаційної схеми. В динаміці розглядається можливість надійного функціонування схеми в перехідних процесах при зміні значень змінних на вході схеми, тобто визначається наявність на входах схеми небажаних імпульсних сигналів, які не впливають безпосередньо із виразів для булевих функцій, які реалізує схема.

Задачі аналізу КС виникають при необхідності перевірки правильності синтезу (на етапі проектування) або визначення булевої функції, яку реалізує КС (при аналізі або ремонті схеми).

Всі існуючі методи аналізу діляться на прямі і непрямі. В результаті аналізу КС прямим методом одержуємо множину наборів вхідних змінних, які забезпечують задане значення на виході, що дозволяє записати в математичному виді БФ, яку реалізує схема. До прямих методів відноситься метод  $\pi$  – алгоритму.

Використання непрямих методів дає можливість визначити реакцію схеми на заданий набір вхідних змінних в статистиці або проаналізувати перехідний процес зміни одного вхідного набору на інший. Прикладами непрямих методів аналізу є методи синхронного і асинхронного моделювання. Всі згадані методи аналізу є машиноорієнтованими, що дозволяє виконати аналіз схеми на ЕОМ.

### Аналіз КС методом синхронного моделювання

При даному методі припускаємо, що всі логічні елементи (ЛЕ) переключаються одночасно, без затримки. В результаті використання методу визначаємо значення сигналу на виході схеми.

Розглянемо метод синхронного моделювання на прикладі схеми (рис.6.1).

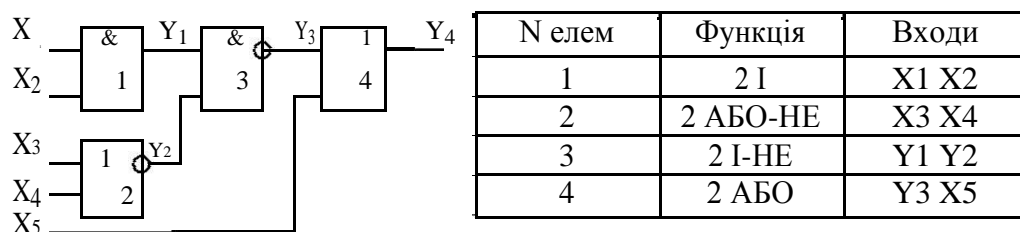


Рис. 6.1. Приклад схеми для методу синхронного моделювання

На першому етапі схему розбиваємо на рівні і записуємо в порядку зростання рівня рівняння, що описує функціонування ЛЕ.

№ рівня	№ елемента	Рівняння
1	1 2	$Y_1 = X_1 \wedge X_2$ $\overline{Y_2} = \overline{X_3 \vee X_4}$
2	3	$Y_3 = Y_1 \wedge Y_2$
3	4	$Y_4 = Y_3 \vee X_5$

Проаналізуємо схему при подачі на вхід набору  $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 0$ ,  $X_3 = 0$ ,  $X_4 = 1$ ,  $X_5 = 1$ .

Для цього необхідно розв'язати рівняння в порядку зростання.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= X_1 \wedge X_2 = 0 \wedge 0 = 0, \\
 Y_2 &= \overline{X_3 \vee X_4} = \overline{0 \vee 1} = 0, \\
 Y_3 &= Y_1 \wedge Y_2 = 0 \wedge 0 = 0, \\
 Y &= Y_4 = Y_3 \vee X_5 = 0 \vee 1 = 1.
 \end{aligned}$$

Відповідно, при подачі на вхід набору (0 0 0 1 1), на виході буде  $Y = 1$ . Аналогічно можна промодельовувати роботу схеми при подачі на вхід будь-якого іншого набору.

#### Аналіз КС методом асинхронного моделювання.

Реальний ЛЕ переключається за деякий кінцевий час, який залежить від технології виготовлення, умов експлуатації, ємності навантаження і т.д. Проходження сигналу послідовно через декілька ЛЕ приведе до сумування часу затримки і виникнення зсуву в часі вихідного сигналу по відношенню до вхідного.

Наявність затримки і часового зсуву сигналів, який вона породжує може приводити до появи на виході окремих ЛЕ і всієї схеми в цілому короткочасних сигналів, які не передбачені БФ, що реалізує схема.

Розглянемо схему (рис.6.2).

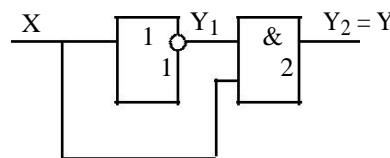


Рис. 6.2. Схема формування короткочасних сигналів

Дана схема реалізує функцію  $Y = X \wedge \overline{X} = 0$ , тобто константу 0 незалежно від вхідного сигналу  $X$ . Але в перехідному процесі в результаті затримки спрацювання ЛЕ можлива ситуація, коли на обидвох входах елемента 2 і будуть логічні одиниці, що може привести до появи на виході схеми логічної 1 (рис.6.3).

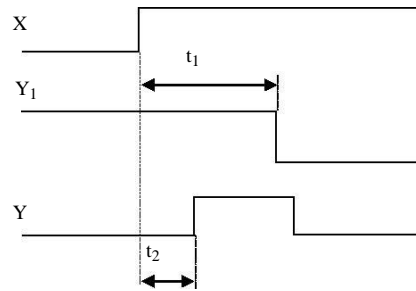


Рис. 6.3 – Статичний ризик збою: а) – часові діаграми;  $t_1$ - час затримки інвертора;  $t_2$ - час затримки елементу 2 І.

Даний випадок можливий при затримці спрацювання другого елемента більший ніж у першого. Таке явище називається ризиком збою. Розрізняють статичні і динамічні ризики збою.

При **статичному** ризику збою до і після перехідного процесу стан вихідного сигналу однаковий, а під час перехідного процесу можлива короткочасна поява протилежного сигналу.

При **динамічному** ризику збою до і після перехідного процесу стану вихідного сигналу протилежний, але в перехідному процесі вихідний сигнал кілька разів міняє своє значення. Динамічний ризик збою можливий в схемі (рис.6.4 а) при зміні набору ( $X_1=0, X_2=1, X_3=1$ ) на набір ( $X_1=1, X_2=0, X_3=0$ ), що показано на діаграмі (рис.6.4 б).

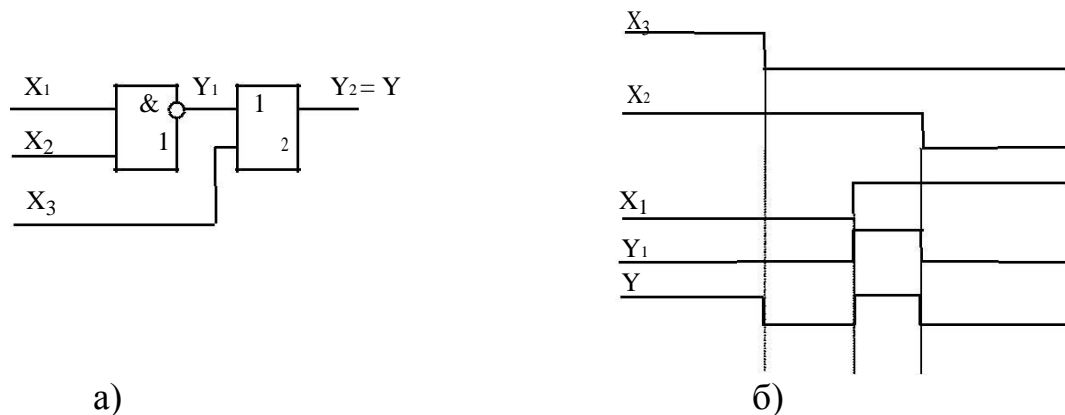


Рис. 6.4: а) – Схема; б)- Часові діаграми.

В даному прикладі динамічний ризик збою на виході КС супроводжується статичним на виході елемента 1. Як видно з часових діаграм ризик збою має місце за наявності певного часового зсуву між сигналами, що поступають на вхід ЛЕ. Небажані сигнали на виході можуть і не бути при іншому співвідношенні часових сигналів, проте принципова можливість їх появи є

чинником, що знижує надійність роботи схеми. Тому дуже важливо вміти знаходити і усувати такі явища.

Для аналізу процесу перемикання КС при зміні вхідних наборів і виявлення ризиків збою використовується метод **асинхронного моделювання**. При цьому методі вважається, що кожний елемент перемикається з однаковою затримкою. Аналіз включає такі етапи:

1. Кожному елементу схеми присвоюється рівень, причому рівень 1 мають елементи, всі входи яких є незалежними входами схеми.

2. Записуються рівняння, що описують кожний ЛЕ в порядку зменшення рівня.

3. Для початкового вхідного набору  $A(X_1, X_2, \dots, X_n)$  визначаються значення сигналів на виходах всіх ЛЕ схеми. Нехай даний набір  $A$  замінюється набором  $B(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

4. Відмічаються ті рівняння, в правій частині яких хоча б одна із змінних змінила своє значення.

5. Розв'язуються відмічені рівняння в порядку їх запису в схемі. Після розв'язку рівняння вважається невідміченим.

6. Якщо після розв'язку всіх рівнянь системи змінні, які входять в ліві частини рівнянь, змінили свої значення, то знову відмічаються ті рівняння, в правій частині яких входять ці змінні. Потім здійснюється перехід до п.5. В іншому випадку моделювання даного вхідного набору вважається закінченим. Виконання п.5 називається **тактом моделювання**.

Аналіз схеми (рис.6.5) методом асинхронного моделювання приведений нижче. Для даної схеми вхідний набір  $A(1011110)$  замінюється набором  $B(1101011)$ .

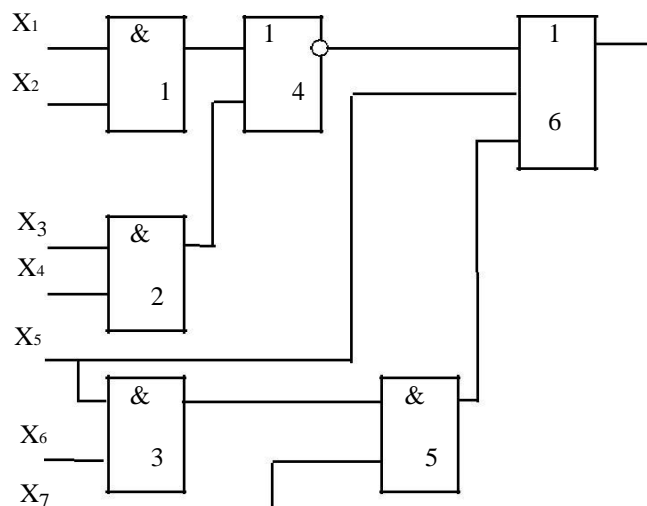


Рис.6.5 – Комбінаційна схема для методу асинхронного моделювання.

Рівняння, які описують ЛЕ.

Рівняння	1-й такт	2-й такт	3-й такт
$Y = Y_6 = Y_4 \vee Y_5 \vee X_5$	*	*	*
$Y_5 = Y_3 \wedge X_7$	*	*	—
$Y_4 = Y_1 \vee Y_2$	—	*	—
$Y_3 = X_5 \wedge X_6$	*	—	—
$Y_2 = X_3 \wedge X_4$	*	—	—
$Y_1 = X_1 \wedge X_2$	*	—	—

Виходи	Такти моделювання			
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
$Y_6$	1	0	1	0
$Y_5$	0	1	0	0
$Y_4$	0	0	0	0
$Y_3$	1	0	0	0
$Y_2$	1	0	0	0
$Y_1$	0	1	0	1

Як впливає з результатів моделювання, при зміні набору А набором В на виході елемента 4 має місце статичний ризик збою, а на виході схеми – динамічний ризик збою.

Радикальним способом усунення ризиків збою є введення стробування для зняття вихідного сигналу КС. Стробуючий імпульс подається після закінчення перехідного процесу в КС (тобто коли на виході КС вже встановилося необхідне значення вихідного сигналу), що виключає вплив можливих збоїв на сигнал, що виробляється схемою.

### Контрольні запитання

1. Призначення методів аналізу.
2. Назвіть етапи аналізу комбінаційних схем.
3. Причини статичних та динамічних ризиків в КС.
4. Провести аналіз заданої комбінаційної схеми.