

6 Лабораторна робота № 6. Тригери

6.1 Мета

Засвоїти принципи функціонування тригерів та їх використання в цифрових схемах.

6.2 Завдання

Подати на входи тригера заданого типу послідовність логічних рівнів, яка забезпечує зміну стану тригера згідно завдання.

Таблиця 6.1 – Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Тип тригера	Послідовність запису логічних рівнів
1	D	синхр.1, синхр. 0, асинхр. 1, асинхр. 0
2	JK	синхр.0, асинхр. 1, асинхр. 0, синхр. 1
3	RS	синхр. 0, синхр. 1
4	D	синхр.1, асинхр. 0, асинхр. 1, синхр. 0
5	JK	асинхр.0, асинхр. 1, синхр. 0, синхр. 1
6	RS	асинхр. 1, асинхр.0
7	D	синхр.0, синхр. 1, асинхр. 0, асинхр. 1
8	JK	асинхр.0, синхр. 1, асинхр. 0, асинхр. 1
9	RS	синхр. 0, синхр. 1
10	D	асинхр.1, синхр. 0, синхр. 1, асинхр. 0
11	JK	асинхр.1, асинхр. 0, синхр. 1, синхр. 0
12	RS	асинхр. 1, асинхр. 0
13	D	синхр.0, асинхр. 1, асинхр. 0, синхр. 1
14	JK	синхр.1, синхр. 0, асинхр. 1, асинхр. 0
15	RS	синхр. 0, асинхр. 1

6.3 Короткі теоретичні відомості

6.3.1 Загальне поняття про тригери

У *послідовнісних схемах* вихідні сигнали залежать не тільки від комбінацій вхідних, але і від значень самих вихідних сигналів в попередній момент часу. Для роботи послідовнісних схем принципове значення має час затримки розповсюдження $t_{з.р.}$. Найпростішою послідовнісною схемою є тригер. На основі тригерів будуються регістри, лічильники, накопичуючі суматори та інші послідовнісні пристрої.

Тригером називають послідовнісну схему з позитивним зворотнім зв'язком і двома стійкими станами 0 і 1 (тобто тригер володіє властивістю пам'яті). В загальному випадку тригер може мати асинхронні входи попередньої установки, тактовий (синхронізуючий), та інформаційні входи. До основних типів тригерів відносяться:

- тригер з роздільною установкою станів (RS-тригер),
- D - тригер,
- універсальний тригер (JK - тригер),
- тригер з рахунковим входом (Т - тригер).

За способом запису інформації тригери підрозділяються на асинхронні і синхронні, або тактовані, а за способом управління - на тригери із статичним управлінням і тригери з динамічним управлінням.

При *асинхронному* записі інформації в тригер сигнал на його виході змінюється одразу (точніше, через час затримки розповсюдження $t_{з.р.}$) після надходження вхідного сигналу на інформаційні входи. При *синхронному* записі сигнал на виході змінюється лише за умови наявності активного сигналу на вході синхронізації. Якщо сигналом синхронізації є

нульовий або одиничний рівень, то тригер має *статичне* управління (статичний тригер), а якщо перепад з 1 в 0 або з 0 в 1 – *динамічне* управління (динамічний тригер).

6.3.2 RS - тригери

Асинхронний RS-тригер має два входи: S(et) - установка і R(eset) – скидання, та два виходи: прямий - Q і інверсний - $\sim Q$. Тригер переходить з поточного стану X на виході до стану 0 при подачі на вхід S нуля і на вхід R одиниці, а при подачі на вхід S одиниці і на вхід R нуля тригер переходить до стану 1. При нульових значеннях, коли S=R=0, тригер повинен зберігати старе значення. Комбінація сигналів S=R=1 невизначена.

Таблиця 6.2

Поточний стан			Наступний стан		Назва режиму
S	R	Q(t)	Q(t+dt)	$\bar{Q}(t+dt)$	
0	0	Q	Q	$\sim Q$	Зберігання
1	0	X	1	0	Установка в "1" (установка)
0	1	X	0	1	Установка в "0" (скидання)
1	1	X	u	u	Невизначений стан

Характеристичне рівняння RS - тригера: $Q(t+dt) = S + \sim R * Q_t = \sim(\sim S * \sim(\sim R * Q))$.

Схема тригера і його умовне позначення наведено на рис.6.1. Умовне позначення B відповідає частині малюнка, обведеної крапками, тобто RS тригеру з інверсними входами, а позначення A - всьому малюнку, або RS тригеру з прямими входами.

Якщо на тригер з прямими входами подати сигнали R=S=1 або на входи інверсного - нулі, то обидва виходи Q і $\sim Q$ будуть встановлені в 1, що суперечить аксіомі $Q * \sim Q = 0$. Тому такий режим іноді називають забороненим.

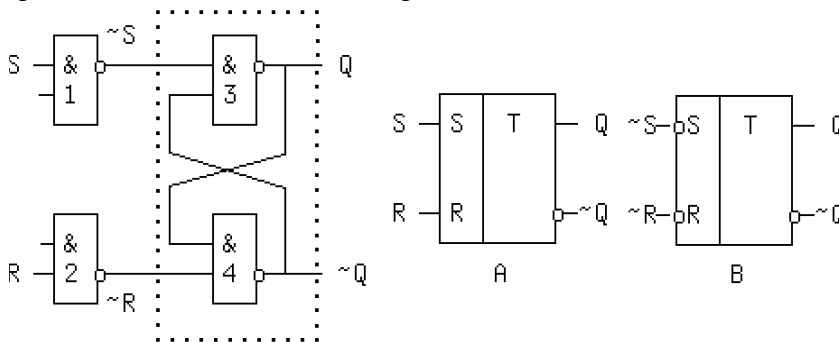


Рисунок 6.1 - Схема та позначення RS – тригера

Часові діаграми RS-тригера з інверсними входами приведені на рис.6.2. Через час t_3 від надходження сигналу $\sim S = 0$ на вхід елемента І-НЕ з номером 3, вихід Q перемкнеться першим, а потім через такий же проміжок часу перемкнеться і вихід $\sim Q$. Через інтервал часу $t_2 - t_0 = dt$ на виходах встановляться нові значення. Так само протікає процес при $\sim R = 0$, але вихід $\sim Q$ перемкнеться першим. Звідси випливає, що зміна вхідних сигналів не повинна відбуватися швидше, ніж за час dt .

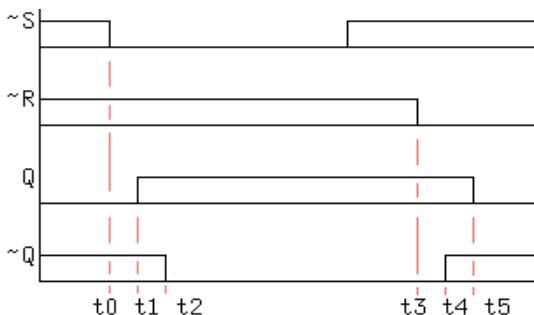


Рисунок 6.2 Часові діаграми RS-тригера

Синхронний RS - тригер із статичним управлінням вийде, якщо незадіяні входи елементів І-НЕ 1 і 2 з'єднати разом. Схема і умовне позначення приведені на рис.6.3.

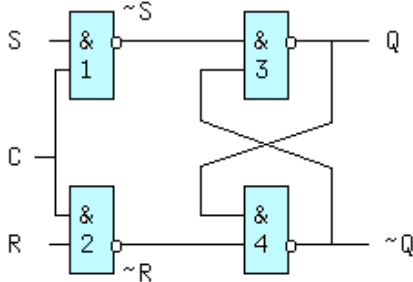


Рисунок 6.3 - Синхронний RS-тригер

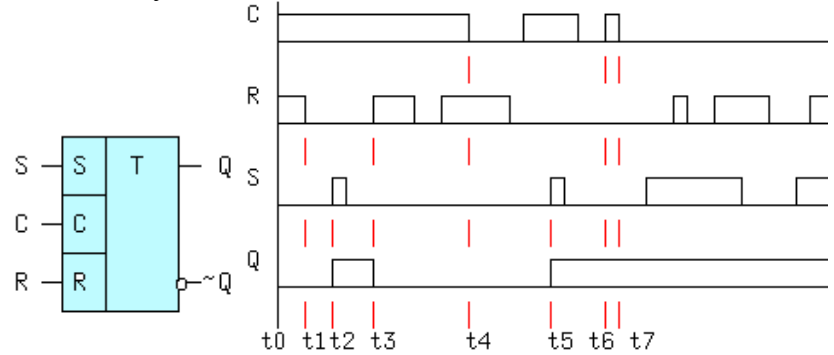


Рисунок 6.4

Неважко переконатися, що при $C=0$ сигнал $Q=\sim(\sim Q*1)=Q$, а $\sim Q=\sim(Q*1)=\sim Q$, тобто незалежно від значень S і R виходи зберігають старі значення і тригер знаходиться в режимі пам'яті. При $C=1$ він функціонує як асинхронний RS-тригер. Тригери із статичним управлінням називають також "прозорими", оскільки при активному рівні синхросигнала C інформація з входів безперешкодно проходить на виходи. Часові діаграми приведені на рис.6.4.

До моменту часу t_4 сигнал $C = 1$ і вихідне значення визначається комбінаціями сигналів R і S. Протягом інтервалу часу $t_0...t_1$ на вході R діє 1, а сигнал $S=0$, тому на виході Q також 0. Починаючи з моменту t_1 і до моменту t_2 $R=S=0$ і діє режим пам'яті (Q не змінюється). У момент t_2 $R=0$, а $S=1$ і тригер встановлюється ($Q=1$). З моменту закінчення імпульсу S і до моменту t_3 тригер зберігає цю одиницю, а у момент t_3 скидається, оскільки $R=0$, а $S=1$. Аналогічно можна проаналізувати і решту станів виходу.

6.3.3 D-тригери

D-тригер має два входи: інформаційний вхід D(ata) і вхід управління записом/запам'ятовуванням L(oad) /L(atch) - звідси його друга назва: "защипка". Останній вхід часто позначають символом C(lock). Вихідний сигнал Q приймає значення, рівне вхідному D, при $C = 1$ і зберігає попереднє значення $Q(t+dt)= Q(t)$ при $C = 0$.

Таблиця 6.3

Поточний стан			Наступний стан		Назва режиму
C	D	$Q(t)$	$Q(t+dt)$	$\bar{Q}(t+dt)$	
0	X	Q	Q	$\sim Q$	Зберігання
1	0	X	0	1	Установка в "0" (скидання)
1	1	X	1	0	Установка в "1" (установка)

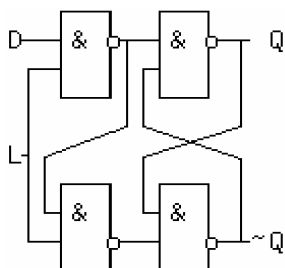


Рисунок 6.5 - D-тригер

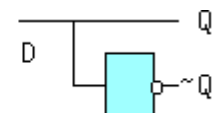
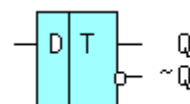
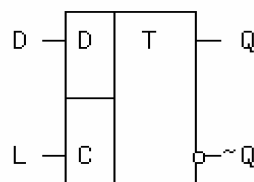


Рисунок 6.6

Рівняння D-тригера: $Q(t+dt) = \sim(\sim(C*D) * \sim(Qt*\sim(\sim(D*C) * C)))$.

Якщо позбавити D-тригер входу C, вийде повторювач і інвертор, як на рис.6.6, і ця схема не володітиме властивостями пам'яті. Тому асинхронних D-тригерів в природі не існує, і визначення "синхронний" по відношенню до D-тригера є надлишковим.

D-тригер з динамічним управлінням відрізняється від статичного D-тригера властивостями входу С. Запис інформації відбувається тільки у момент переходу тактового сигналу С з 0 в 1. При постійному значенні С=0, С=1 або негативному перепаді тригер зберігає попередню інформацію, тобто не володіє властивістю прозорості. Тригери, що промислово випускаються, доповнюються асинхронними інверсними входами установки і скидання $\sim S$ і $\sim R$ (рис.6.7). На схемах прями динамічні входи D-тригера позначаються похилою рискою або стрілкою всередину. Часові діаграми приведено на рис. 6.8.

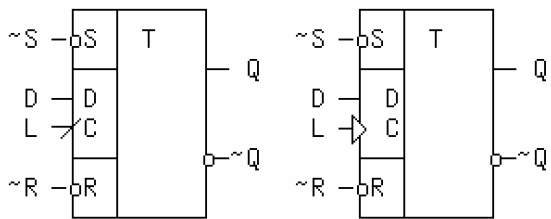


Рисунок 6.7 – Динамічний D-тригер

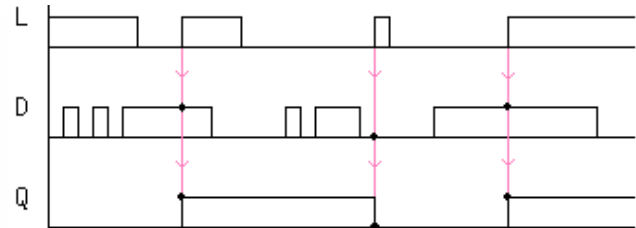


Рисунок 6.8

6.3.4 JK-тригери

Універсальний JK-тригер має два інформаційні входи J і K, тактовий динамічний вхід, частіше інверсний, і два асинхронні входи установки і скидання. Умовні позначення JK-тригера з інверсним динамічним входом приведено на рис.6.9.

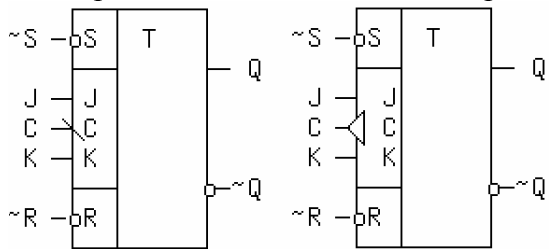


Рисунок 6.9 - JK-тригер

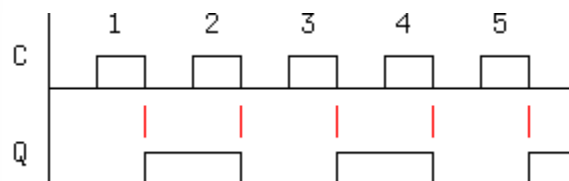


Рисунок 6.10

Його таблиця станів має вигляд:

Таблиця 6.4

Поточний стан						Наступний стан		Назва режиму
$\sim S$	$\sim R$	C	J	K	Q(t)	Q(t+dt)	$\bar{Q}(t+dt)$	
1	1	0,1,↓	X	X	Q	Q	$\sim Q$	Зберігання Зберігання Установка в "1" Установка в "0" Зміна стану на протилежний
		↓	0	0	Q	Q	$\sim Q$	
		↓	1	0	X	1	0	
		↓	0	1	X	0	0	
		↓	1	1	Q	$\sim Q$	Q	
1	0				1	0	Установка в "1"	
0	1				0	1	Установка в "0"	
0	0				1	1	Невизначений стан	

Запис інформації при пасивних рівнях сигналів скидання ($\sim R$) і установки ($\sim S$) здійснюється тільки в моменти переходу сигналу С з 1 в 0, за винятком тригера типу ТВ15, який перемикається позитивним фронтом. Рівняння JK-тригера з асинхронними входами $\sim R$ і $\sim S$:

$$Q(t+dt) = S + \sim R (J \cdot \sim Q_t + \sim K \cdot Q_t)$$

Друга, третя і четверта строчки таблиці станів ідентичні відповідним строчкам RS-тригера, якщо вхід J уподібнити входу S, а вхід K - входу R. Відмінність у тому, що комбінація J=K=1 визначена і тригер в цьому режимі набуває корисної властивості (див. таблицю 3): під час вступу кожного негативного фронту на вхід С значення сигналу на виході змінюється на протилежне, як показано на рис.6.10. Аналіз часової діаграми дозволяє

зробити два важливі висновки. По-перше, період повторення вихідних імпульсів збільшився в два рази, отже, тригер в цьому режимі ділить частоту вхідних імпульсів на два. По-друге, з приходом парного імпульсу вихідний сигнал рівний 0, а з приходом непарного рівний 1, тобто тригер є лічильником по модулю два. Такий тригер (тригер з рахунковим входом, або *T-тригер*) промисловістю не випускається, а реалізується за допомогою динамічного D- або JK-тригерів. На основі T-тригерів можна побудувати схему лічильника імпульсів.

6.4 Порядок виконання роботи

1. Вибрати тригер заданого типу в меню **Компоненты/ Russian Digital/ Триггеры**. RS-тригери мають в позначенні букви TR, D-тригери – TM, JK-тригери – TV.
2. Для варіантів, в яких заданий тип тригера – RS, перетворити асинхронний тригер у синхронний шляхом додавання логічної схеми на входах (див. 6.3.2).
3. Намалювати часові діаграми сигналів, які необхідно подати на входи обраного тригера для послідовної зміни його стану згідно завдання. Тривалості перебування тригера в кожному стані задавати не менше 1мкс.

Позначення «асинхр» в завданні означає, що стан тригера слід змінити шляхом асинхронного запису, тобто подачею активного сигналу на вхід асинхронної установки/скидання (R або S).

Позначення «синхр» в завданні означає, що стан тригера слід змінити синхронно, тобто з використанням сигналу синхронізації С. Для цього необхідно спочатку встановити активний сигнал на синхронному вході установки/скидання чи запису даних (J, K або D), після чого (з затримкою принаймні в 1мкс) подати короткий одиничний імпульс на вхід синхронізації С, після чого зняти активний сигнал на синхронному вході.

4. До всіх входів тригера приєднати компоненти Stim1. Запрограмувати ці компоненти для реалізації утворених часових діаграм.
5. Вивести часові діаграми на входах і виходах тригера. Переконайтесь в правильності роботи схеми.

6.5 Звіт повинен містити:

1. Завдання (з вказанням номера варіанту)
2. Схему
3. Часові діаграми на входах і виходах схеми.
4. Висновки.

6.6 Контрольні питання

1. Призначення і принцип роботи тригерів
2. RS-, D-, T-, JK-тригери. Умовні позначення, принцип роботи, призначення виводів.
3. Синхронні і асинхронні, статичні і динамічні тригери.
4. Як утворити синхронний RS-тригер, маючи асинхронний RS-тригер і логічні елементи?
5. Як з JK- або D-тригера утворити T-тригер?
6. Намалювати часову діаграму на виході довільного тригера за відомими вхідними сигналами.
7. Визначити, які сигнали і в якому порядку необхідно подати на входи довільного тригера, щоб перевести його в заданий стан.