

12 ЛІЧИЛЬНИКИ ІМПУЛЬСІВ

12.1 Загальні відомості про лічильники імпульсів та їх призначення

Однією з найбільш розповсюджених операцій у пристроях інформаційно-обчислювальної і цифрової виміральної техніки є фіксування кількості імпульсів – підрахунок їхньої кількості. Реалізують таку операцію лічильники імпульсів. Лічильники також забезпечують, завдяки принципів побудови, представлення інформації про кількість імпульсів у вигляді двійкового коду.

Лічильник СТ (від англ. counter) – це коло послідовно з'єднаних T -тригерів, які утворюють пам'ять із заданою кількістю стійких станів (рис. 12.1).

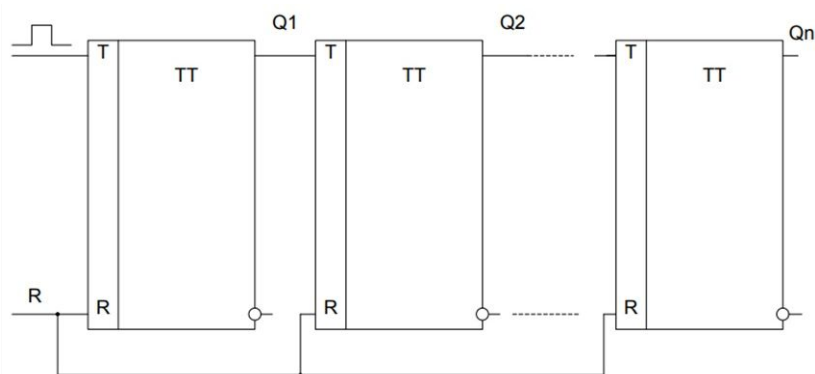


Рисунок 12.1 – Логічна структура лічильника

Розрядність лічильника n дорівнює кількості T -тригерів. Кожний вхідний імпульс змінює стан лічильника, який зберігається до надходження наступного сигналу. Значення виходів тригерів лічильника $Q_1 \dots Q_n$ відображають результат лічби. З надходженням вхідних імпульсів лічильник послідовно перебирає свої стани у порядку, який визначений для даної схеми.

Вхідні імпульси можуть надходити на лічильник періодично або довільно розподіленими у часі. Амплітуда і тривалість лічильних імпульсів мають задовольняти технічні вимоги для серій мікросхем, які використовуються.

Основне застосування лічильників:

- утворення послідовності адрес команд програми (лічильник команд або програмний лічильник);

- підрахунок кількості циклів під час виконання операцій ділення, множення, зсуву (лічильник циклів);
- одержання сигналів мікрооперацій і синхронізації;
- аналого-цифрові перетворення і побудова електронних таймерів (годинників реального часу).

Лічильник характеризується модулем і ємністю лічби. **Модуль лічби** $K_{лч}$ визначає кількість станів лічильника. *Модуль двійкового n -розрядного лічильника визначається цілим степенем двійки $M=2^n$; в лічильниках інших типів справедлива нерівність $K_{лч} \leq M$.* Після підрахунку $K_{лч}-1$ імпульсів лічильник повертається у початковий стан. Таким чином, модуль лічби, який часто називають **коефіцієнтом перерахунку**, визначає цикл роботи лічильника, після чого його стан повторюється. Тому кількість вхідних імпульсів і стан лічильника однозначно визначені тільки для першого циклу.

Ємність лічби N_{max} визначає максимальну кількість вхідних імпульсів, яку може зафіксувати лічильник за один цикл роботи. Ємність лічби $N_{max} = K_{лч}-1$ за умови, що робота лічильника починається з нульового початкового стану.

У лічильниках використовуються три режими роботи: керування, накопичення і ділення. У режимі **керування** інформація зчитується після кожного вхідного лічильного імпульсу, наприклад, в лічильнику адреси команд. У режимі **накопичення** головним є підрахунок заданої кількості імпульсів або лічба протягом певного часу. У режимі **ділення (перерахунку)** основним є зменшення частоти надходження імпульсів в $K_{лч}$ разів. Більшість лічильників може працювати в усіх режимах, проте в спеціальних лічильниках-дільниках стани в процесі лічби можуть змінюватися в довільному порядку, що дозволяє спростити схему вузла.

Лічильники класифікують за такими ознаками:

- способом кодування – позиційні та непозиційні;
- модулем лічби – двійкові, десяткові, з довільним постійним або змінним (програмованим) модулем;
- напрямком лічби – **прості або підсумовуючі** (у яких код збільшується на одиницю після надходження на вхід кожного імпульсу), **віднімаючі** (у яких код

відповідно зменшується після надходження на вхід кожного імпульсу) і **реверсивні** які суміщують властивості підсумовуючих і віднімаючих – можуть працювати в тому або іншому режимі за зовнішньою командою;

- способом організації міжрозрядних зв'язків – з послідовним, наскрізним, паралельним і комбінованим переносом (*позикою*);

- типом використовуваних тригерів – Т, JK, D в лічильному режимі;

- елементним базисом – потенціальні, імпульсні та потенціально-імпульсні

До часових характеристик лічильника відносяться:

- **роздільна здатність** t_{pz} визначається мінімальним інтервалом часу між двома вхідними імпульсами, за якого ще зберігається працездатність лічильника.

Параметр t_{pz} задають часом перемикання t_T першого (молодшого) тригера лічильника, тобто $t_{pz} = t_T$ оскільки він перемикається під дією кожного вхідного імпульсу;

- **швидкодія** лічильника визначається максимальною частотою F_m надходження вхідних імпульсів в режимі ділення й обчислюється за формулою $F_m = 1/t_T$;

- **час встановлення коду** $t_{вст}$ відраховується від початку вхідного імпульсу до моменту отримання нового стану. Даний параметр дозволяє обчислювати швидкодію лічильника в режимі керування.

12.2 Схеми лічильників імпульсів та часові діаграми роботи

Схему **чотирирозрядного підсумовуючого послідовного двійкового лічильника**, виконаного на комбінованих RST-тригерах з імпульсними інверсними входами наведено на рис. 12.2, його умовне позначення – на рис. 12.3, часові діаграми роботи – на рис. 12.4, таблиця переходів – у табл.12.1.

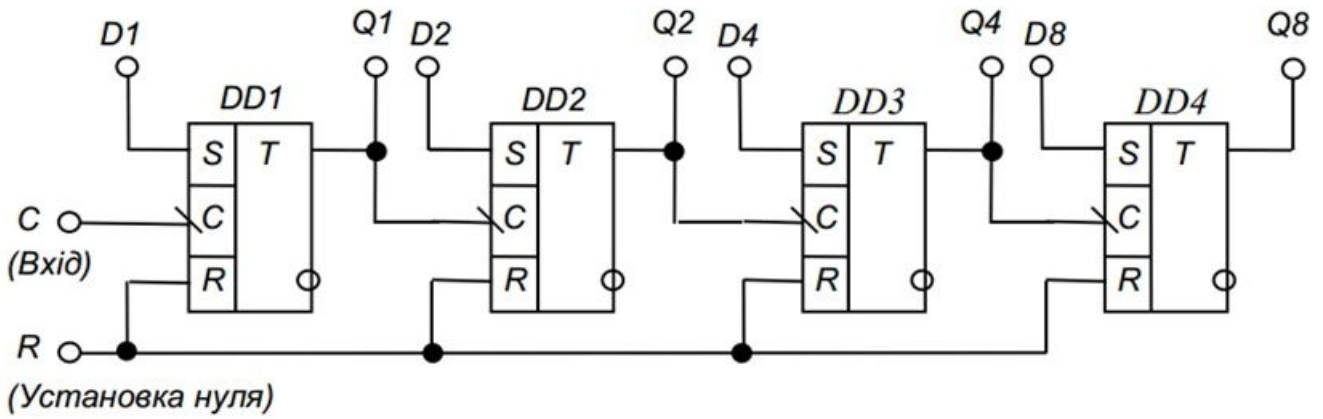


Рисунок 12.2 – Чотирирозрядний послідовний двійковий лічильник

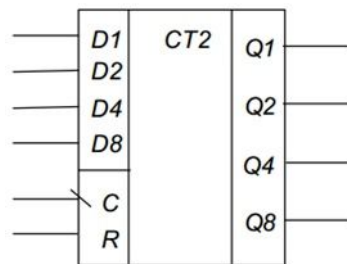


Рисунок 12.3 – Умовне позначення чотири розрядного послідовного двійкового лічильника

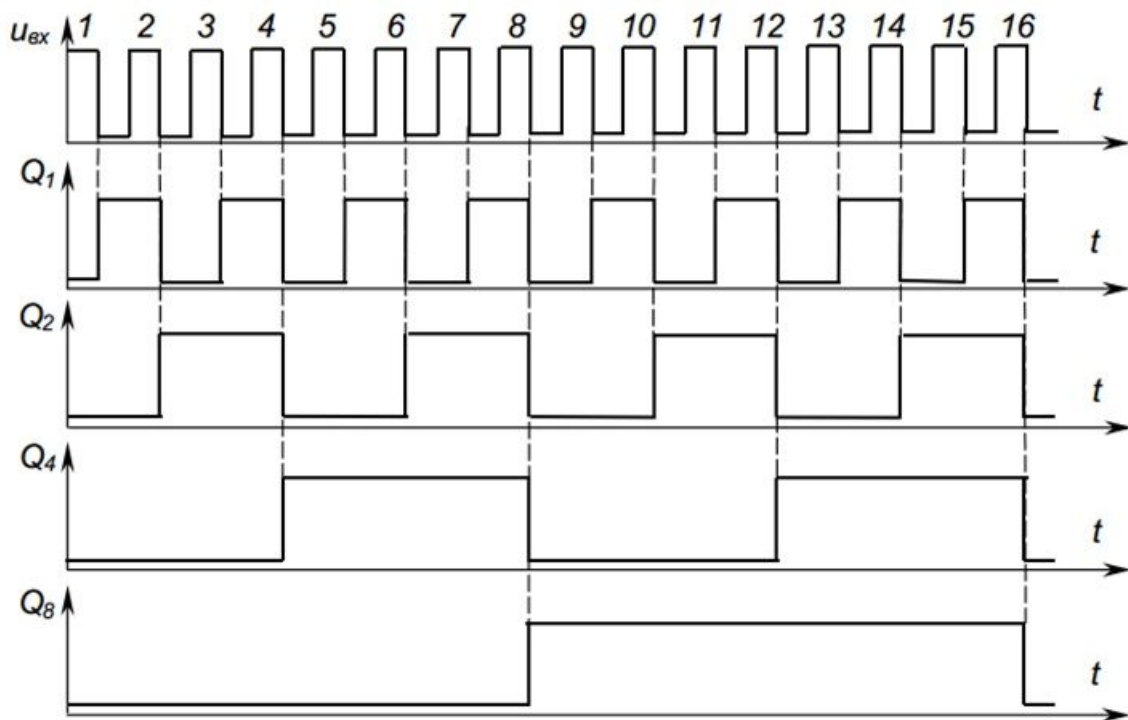


Рисунок 12.4 – Часові діаграми роботи чотири розрядного підсумовуючого послідовного двійкового лічильника з імпульсним інверсним лічильним входом

Таблиця 12.1 – Таблиця переходів чотири розрядного послідовного двійкового лічильника

Стан	Q8	Q4	Q2	Q1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Лічильник називається **послідовним** тому, що вихід тригера кожного попереднього розряду з'єднано з лічильним входом тригера наступного. В результаті передача інформації (перемикання тригерів розрядів лічильника) відбувається послідовно одного за одним. Це визначає низьку швидкість лічильника.

У **паралельних** лічильників інформація з розряду в розряд передається за допомогою спеціальної комбінаційної схеми, а входи синхронізації тригерів з'єднано разом і перемикання всіх тригерів відбувається одночасно.

Входи $D1, D2, D4, D8$ призначені для паралельного занесення чисел у лічильник – для завдання початкового стану, що відрізняється від нульового.

Вхід R призначений для установа лічильника в нульовий стан (у даному разі – подачею сигналу логічної 1).

Як видно з таблиці переходів і часових діаграм, під час неперервної роботи лічильника на його виходах $Q1, Q2, Q4, Q8$ формується **послідовний двійковий код**.

Послідовну роботу лічильника можна порушити, обмеживши кількість його станів. Це можна зробити, вводячи зворотний зв'язок, як, наприклад, показано на рисунку 12.5. Тепер при досягненні десятого стану лічильник одразу переходить в нульовий стан – ми отримали **двійково-десятковий лічильник**, який має не 16, а 10 станів і формує на виходах **двійково-десятковий код**. Його таблиця переходів наведено в табл. 12.2, а часові діаграми роботи на рисунку 12.6.

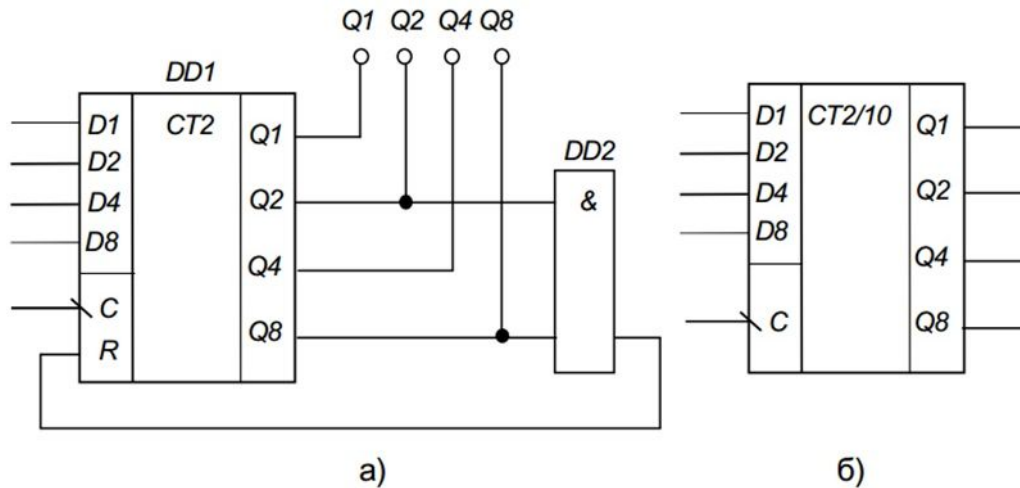


Рисунок 12.5 – Отримання двійково-десяткового лічильника двійкового (а) і умовне позначення двійково-десяткового лічильника (б)

Таблиця 12.2 – Таблиця переходів чотири розрядного послідовного двійково-десяткового лічильника

Стан	Q8	Q4	Q2	Q1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	0	0	0	0

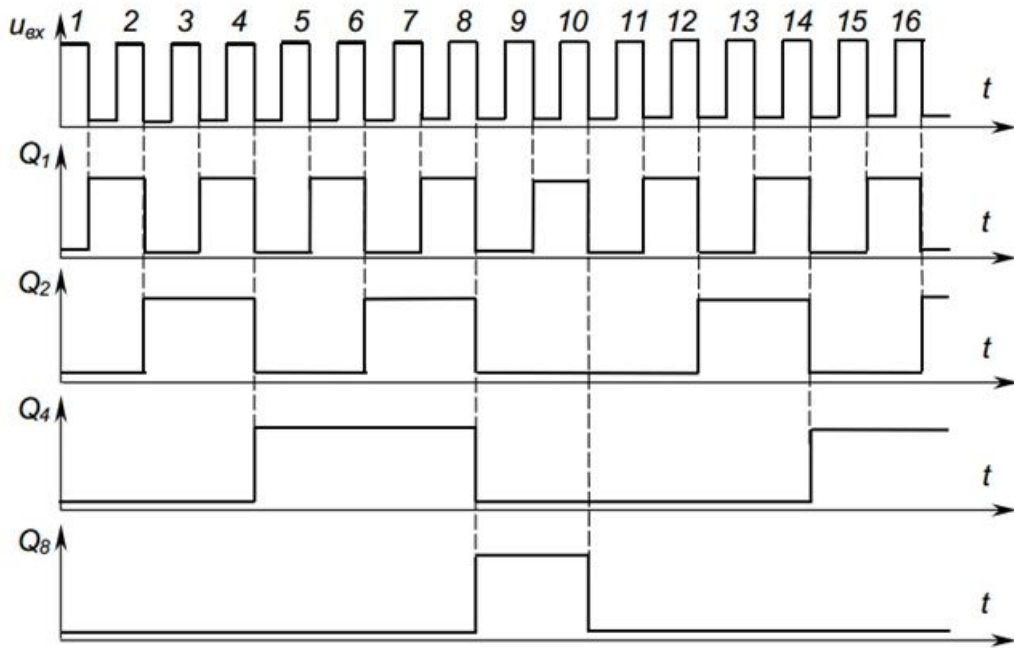


Рисунок 12.6 – Часові діаграми роботи чотирирозрядного двійково-десятькового лічильника

Застосування таких лічильників разом з двійково-десятьковими або двійково-семисегментними дешифраторами дозволяє на основі стандартних ІМС будувати схеми керування багаторозрядними десятковими індикаторами (розряди десяткові, а у межах десяткового розряду рахунок двійковий).

На рисунку 12.7, як приклад, наведено умовне позначення чотирирозрядного реверсивного лічильника *туну* *K561IE14*.

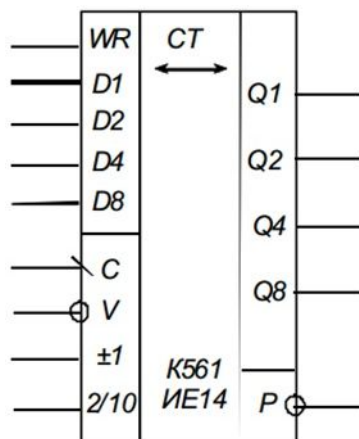


Рисунок 12.7 – Реверсивний лічильник *K561IE14*

Він має входи:

- *WR* – запису інформації з входів паралельного вводу інформації *D1, D2, D4 D8*;
- *D1, D2, D4 D8* – паралельного вводу інформації;

- C – синхронізації (тактовий);
- V – дозволу лічення;
- $\pm I$ – напрямку лічення (підсумування чи віднімання) ;
- $2/10$ – завдання роботи в двійковому чи двійково-десятковому коді.

Виходи:

- $Q1, Q2, Q4, Q8$ – інформаційні;
- \bar{P} – переносу (*займу*) в старший (із старшого) розряду.