Лекція 12
ЛІЧИЛЬНИКИ ІМПУЛЬСІВ
10.1. Типи лічильників та особливості їх роботи
10.1.1. Загальна характеристика лічильників

Лічильниками називаються цифрові пристрої (автомати), призначені для підрахунку і фіксації кількості імпульсів, що подаються на їх інформаційні входи або синхровходи.

Коефіцієнт перерахування (*модуль перерахування*) M – характеризує максимальну кількість імпульсів, яка може бути подана на лічильник, щоб привести його до початкового стану.

Динамічні параметри лічильників характеризують їх швидкодію.

Час установлення вихідного коду ($t_{уст}$): це інтервал часу з моменту подачі вхідного імпульсу до моменту встановлення коду на виходах лічильника.

Дозволяюча спроможність лічильника ($t_{сд}$), визначається як мінімальний інтервал часу між двома вхідними імпульсами.

Величина

$$f_{\max} = t_{сд}^{-1} \qquad (10.1)$$

називається *максимальною частотою роботи лічильника*.

10.1.2. Асинхронні лічильники

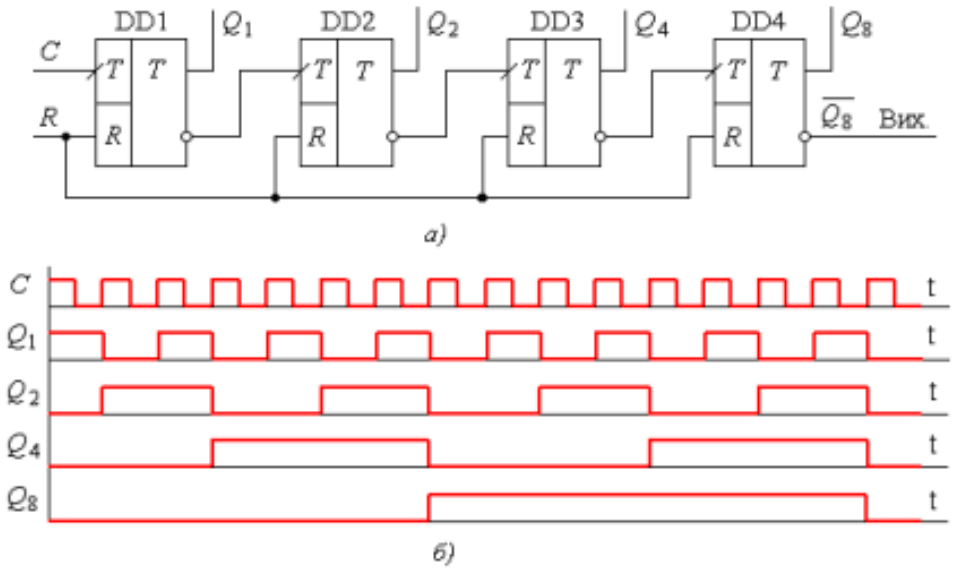


Рис. 10.1.

Таблиця 10.1.

Вхідні імпульси (N)	Q_8	Q_4	Q_2	Q_1
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

Якщо на вхід лічильника подано N імпульсів, то їх кількість, підрахована за допомогою лічильника, відповідає формулі:

$$N = K \cdot M + a_0 2^0 + a_1 2^1 + ... + a_{m-1} 2^{m-1} = K \cdot M + \sum_{i=0}^{m-1} a_i 2^i \,, \qquad (10.2)$$

де K – кількість вихідних імпульсів лічильника; – рівень сигналу на i-ому виході лічильника; 2^i – вагові коефіцієнти кожного прямого виходу.

$$M_з = 2^{2m} = 2^m \cdot 2^m = M \cdot M \,.$$

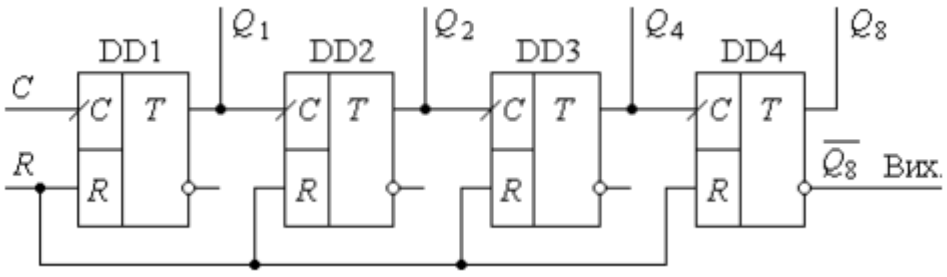


Рис. 10.2

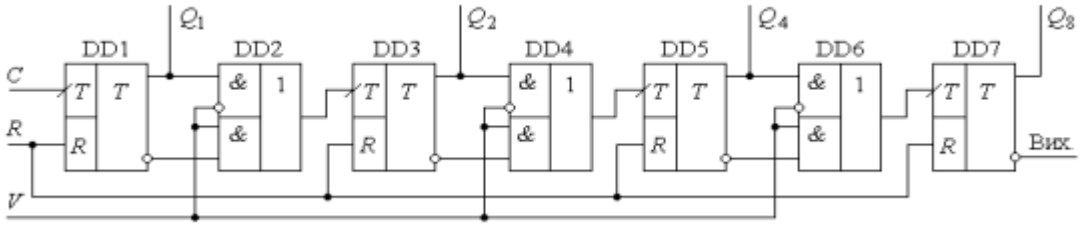


Рис. 10.3

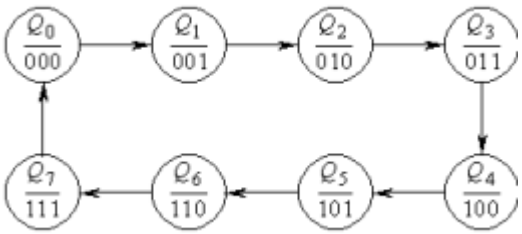


Рис. 10.4

Максимально можлива частота вхідної послідовності імпульсів визначається за формулою

$$f_M = \frac{1}{m \cdot t_з}. \qquad (10.3)$$

10.1.3. Лічильники з довільним модулем рахунку

Лічильники з довільним модулем рахунку мають значення M, що відрізняється від цілого ступеню числа **2**.

При побудові лічильників цього типу використовують такі способи:

- виключення зайвих станів;
- зворотного зв’язку;
- кратних модулів.

Найбільшого розповсюдження набув спосіб виключення зайвих станів. Його реалізація переважно здійснюється наступним чином:

- застосуванням попередньої установки лічильника;
- використанням примусового його обнуління.

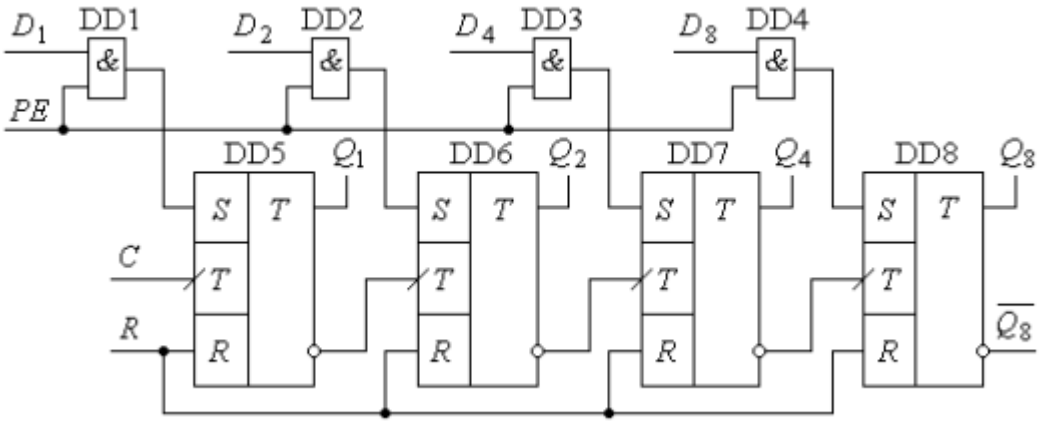


Рис. 10.5

Приклад 10.1. Забезпечити коефіцієнт перерахунку лічильника з попередньою установкою рівним 10 на одному циклі роботи.

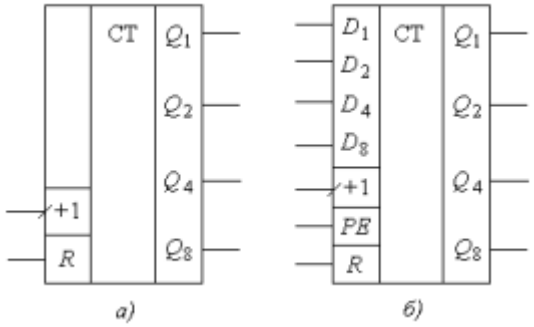


Рис. 10.6

Приклад 10.2. Обґрунтувати можливість побудови таймера з програмованою затримкою від 0 до 99 секунд і відображенням поточної затримки за допомогою семисегментних індикаторів.

Примусове обнуління характеризується тим, що із загальної кількості станів M виключаються ті, які своїми значеннями перевищують встановлений модуль перерахунку $M_{\text{В}}$.

Створення лічильника з модулем перерахунку $M_{\text{В}}$ досягається виконанням двох умов:

- обнуління лічильника при досягненні поточним кодом значення $M_{\text{В}}$;
- виключення всіх станів, що перевищують $M_{\text{В}}$.

Перша умова забезпечується, якщо сигнал обнуління: $R = M_{\text{В}}$.

Для лічильника з $M_{\text{В}} = 12$ маємо: $R = Q_8 Q_4 \overline{Q_2}\,\overline{Q_1}$.

$Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 = 0011$ є короткочасним

Функція виключення зайвих станів, яка забезпечує обнуління лічильника:

$$Y_B = \vee 12,13,14,15,$$

яка після мінімізації за допомогою карти Карно (рис. 10.7, ***в***) прийме вигляд

$$Y_B = R = Q_8 Q_4 .$$

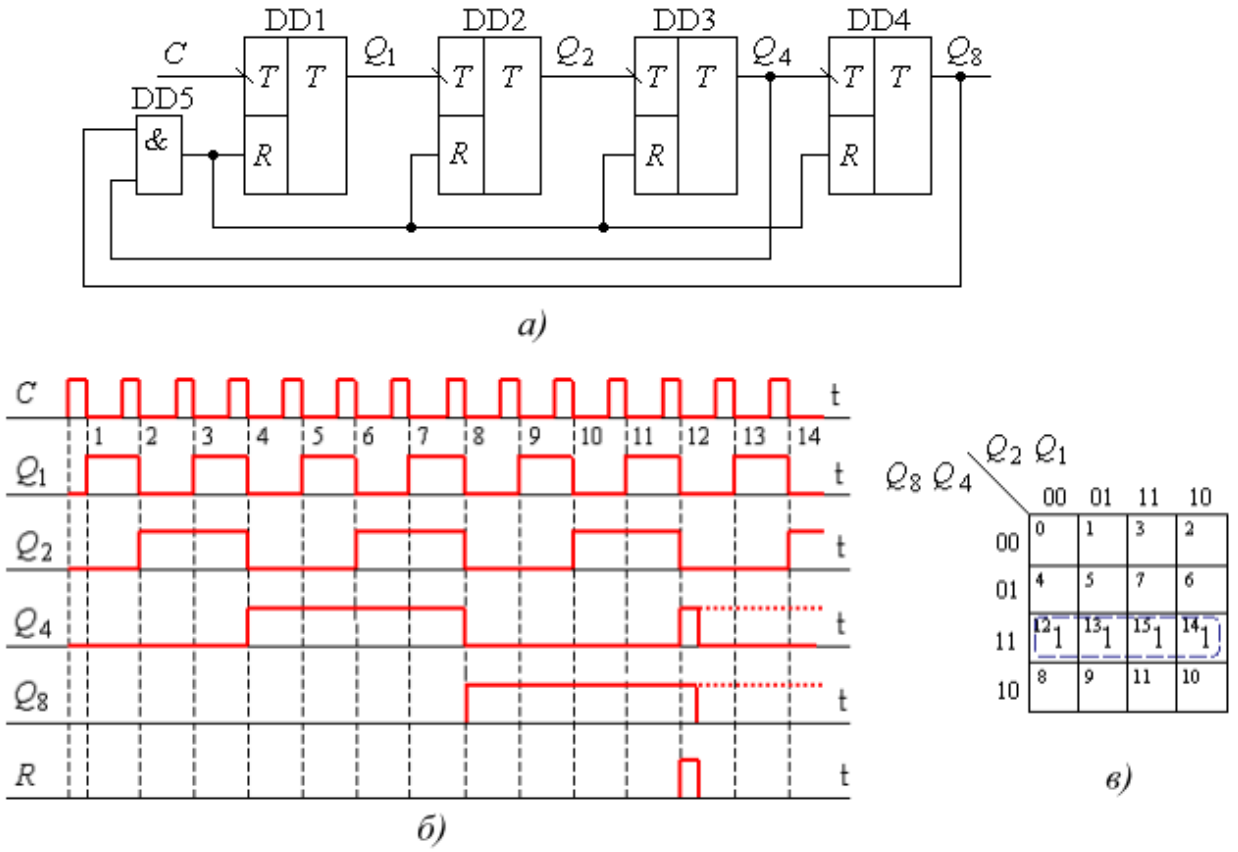


Рис. 10.7

Спосіб зворотного зв'язку $n = n_1 + n_2$.

Коефіцієнт перерахунку в цій групі становитиме $2^{m_1} - 1$, а загальний коефіцієнт перерахунку:

$$M_з = (2^{m_1} - 1) \cdot 2^{m_2} = 2^m - 2^{m_2}. \qquad (10.4)$$

Спосіб кратних модулів пояснюється схемою, що приведена на рис. 10.8.

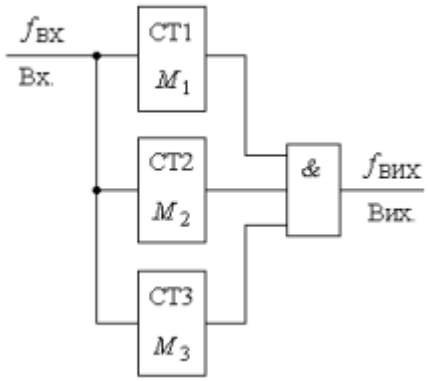


Рис. 10.8

Частота імпульсів вхідної послідовності $f_{вх}$ буде ділитися на коефіцієнт $M = M_1 M_2 M_3$, і частота вихідних імпульсів матиме значення:

$$f_{вих} = \frac{f_{вх}}{M}. \qquad (10.5)$$

10.1.4. Синхронні лічильники

Розглянемо синтез синхронного лічильника з паралельним переносом з використанням *JK*-тригерів, який забезпечить коефіцієнт $M = 8$.

Таблиця станів лічильника, а також сигнали управління J та K входів тригерів приведені у Табл. 10.2 (умовним позначенням * зображений байдужий стан відповідного входу).

Таблиця 10.2

C_n	Q_{4n}	Q_{2n}	Q_{1n}	$Q_{4(n+1)}$	$Q_{2(n+1)}$	$Q_{1(n+1)}$	J_4	K_4	J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	1	*
1	0	0	1	0	1	0	0	*	1	*	*	1
2	0	1	0	0	1	1	0	*	*	0	1	*
3	0	1	1	1	0	0	1	*	*	1	*	1
4	1	0	0	1	0	1	*	0	0	*	1	*
5	1	0	1	1	1	0	*	0	1	*	*	1
6	1	1	0	1	1	1	*	0	*	0	1	*
7	1	1	1	0	0	0	*	1	*	1	*	1

Використовуючи карти Карно для входів $J_4, K_4, J_2, K_2, J_1, K_1$ (рис. 10.9), знаходимо вирази для сигналів їх збудження. Відповідно, схема лічильника приведена на рис. 10.10.

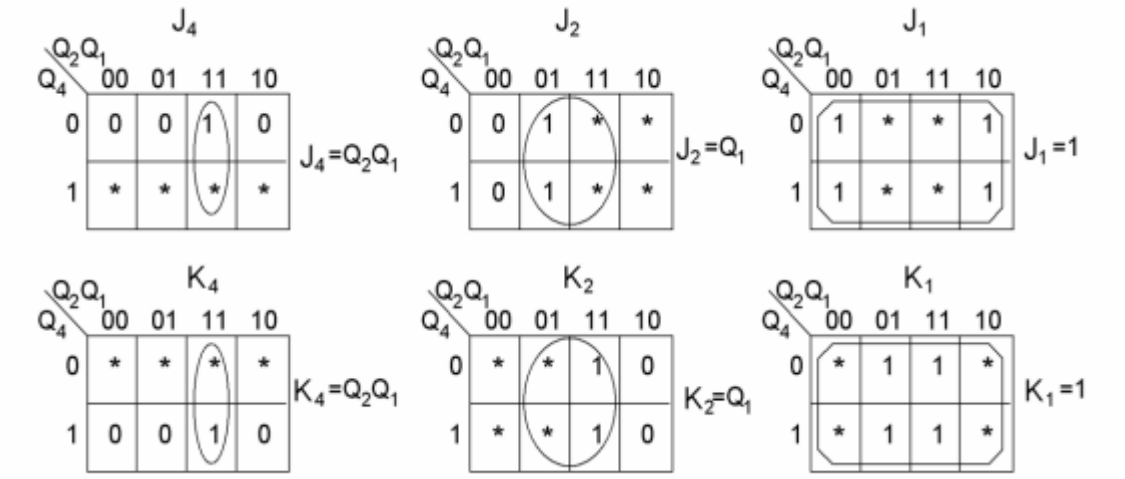


Рис. 10.9

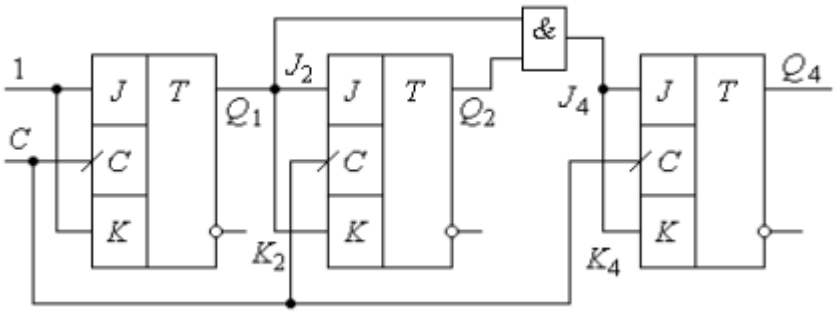


Рис. 10.10

Узагальнюючи отриманий результат, можна стверджувати, що, якщо для лічильника з $M = 2$:

$$J_1 = 1;\ K_1 = 1;$$

для лічильника з $M = 4$:

$$J_2 = Q_1;\ K_2 = Q_1;$$

для лічильника з $M = 8$:

$$J_4 = Q_1\,Q_2 = J_2\,Q_2;\ K_4 = Q_1\,Q_2 = K_2\,Q_2;$$

то для лічильника з $M = 16$ матимемо:

$$J_8 = Q_1\,Q_2\,Q_4 = J_4\,Q_4;\ K_8 = Q_1\,Q_2\,Q_4 = K_4\,Q_4.$$

Відповідно, для лічильника з $M = N$:

$$J_N = Q_1\,Q_2\,\ldots Q_{(N-1)} = J_{(N-1)}\,Q_{(N-1)};\qquad K_N = Q_1\,Q_2\,\ldots Q_{(N-1)} = K_{(N-1)}\,Q_{(N-1)}.$$

Для синхронних лічильників зворотного рахунку (віднімаючих) аналогічно можемо записати:

$$\begin{cases} J_1 = K_1 = 1; \\ J_2 = K_2 = \overline{Q}_1; \\ J_4 = K_4 = \overline{Q}_1\overline{Q}_2 = J_2\overline{Q}_2; \\ J_8 = K_8 = \overline{Q}_1\overline{Q}_2\overline{Q}_4 = J_4\overline{Q}_4; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ J_N = K_N = \overline{Q}_1\overline{Q}_2\ldots\overline{Q}_{(N-1)} = J_{(N-1)}\overline{Q}_{(N-1)}. \end{cases}$$

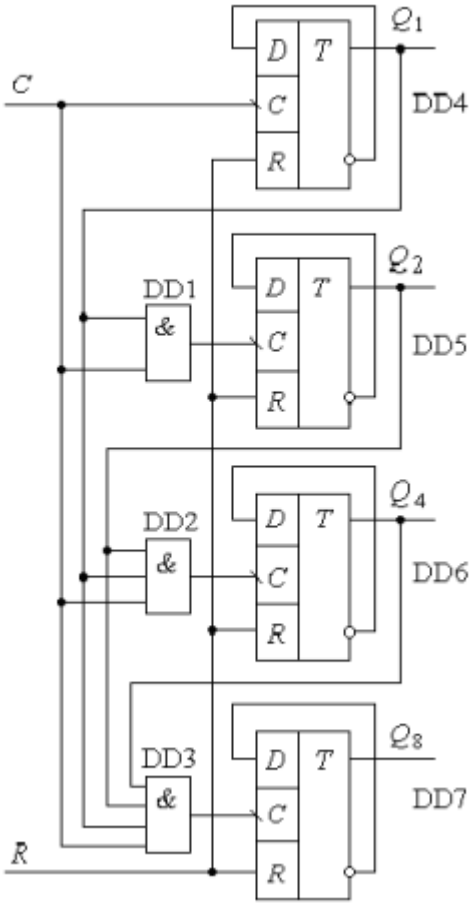


Рис. 10.11

$$Q_{i(n+1)} = \overline{Q}_{in}\,p_i + Q_{in}\,\overline{p}_i = Q_{in} \oplus p_i, \qquad (10.6)$$

де Q_{in} – стан i-го тригера до подачі імпульсу; $p_i = Q_{0n} \cdot Q_{1n} \cdot \ldots \cdot Q_{(i-1)n}$ – узагальнений сигнал перенесення.

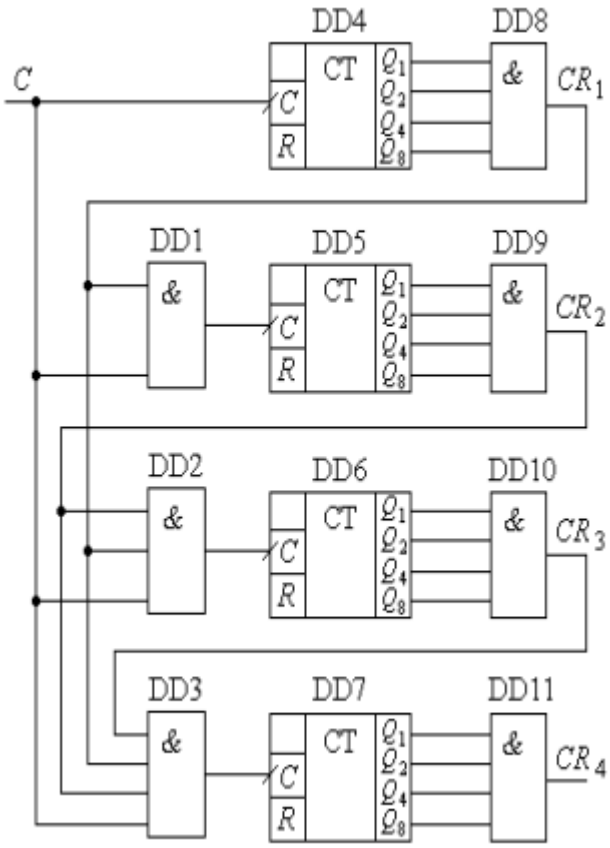


Рис. 10.12

Максимальна частота перемикання:

$$f_{\max} = \frac{1}{t_{KУ} + t_{П\max}}. \qquad (10.7)$$

10.2. Області використання лічильників

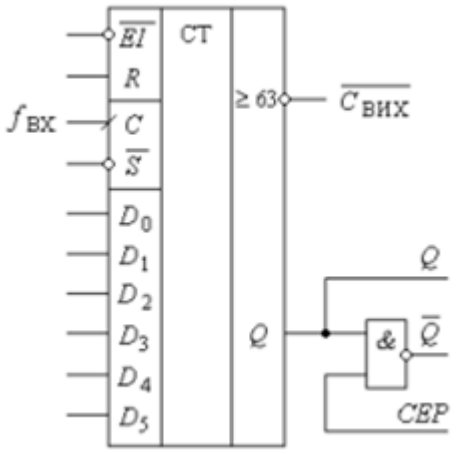


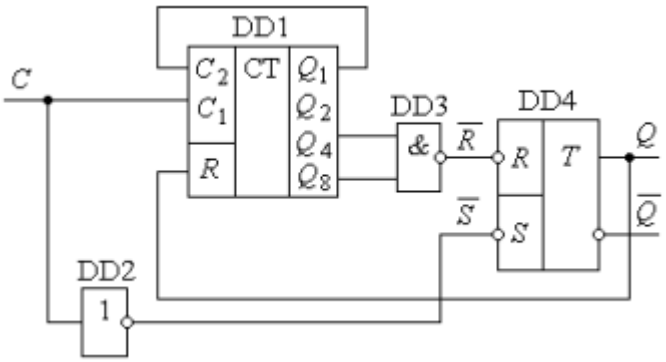
Рис. 10.13

Частота імпульсів на виході Q при подачі на вхід C імпульсної послідовності з частотою $f_{вх}$ обчислюється за формулою:

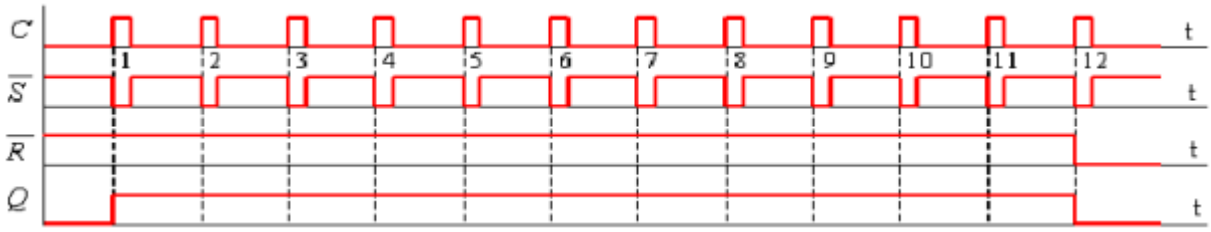
$$f_{вих} = \frac{f_{вх}}{64} \cdot (D_5 \cdot 2^5 + D_4 \cdot 2^4 + D_3 \cdot 2^3 + D_2 \cdot 2^2 + D_1 \cdot 2^1 + D_0 \cdot 2^0) = \frac{f_{вх}}{64} \sum_{i=0}^{5} D_i \cdot 2^i , \quad (10.8)$$

де D_i можуть приймати значення **1** або **0**.

$f_{вих} = \frac{f_{вх}}{16} \cdot D$, де D – кодова комбінація двійково-десяткового коду.



а)



б)

Рис. 10.14

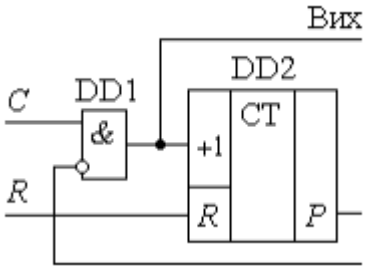


Рис. 10.15

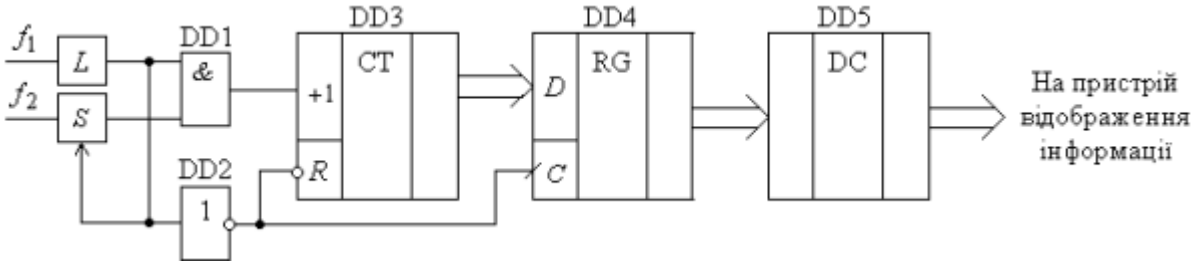


Рис. 10.16.

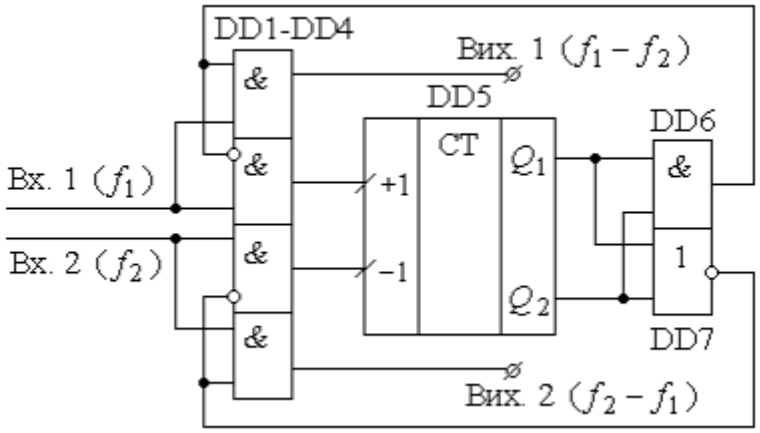


Рис. 10.17

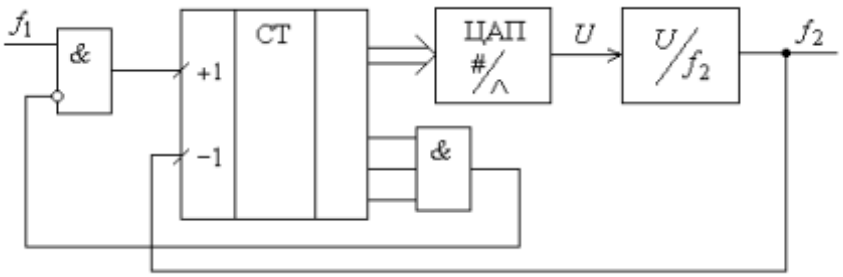


Рис. 10.18

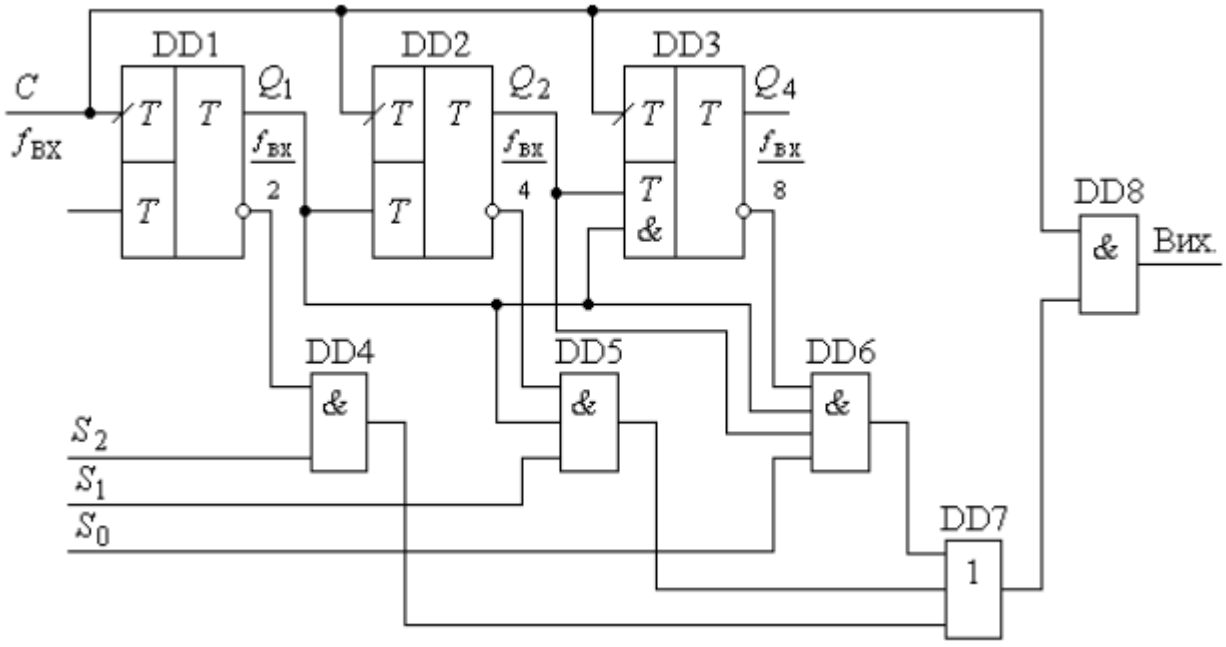


Рис. 10.19

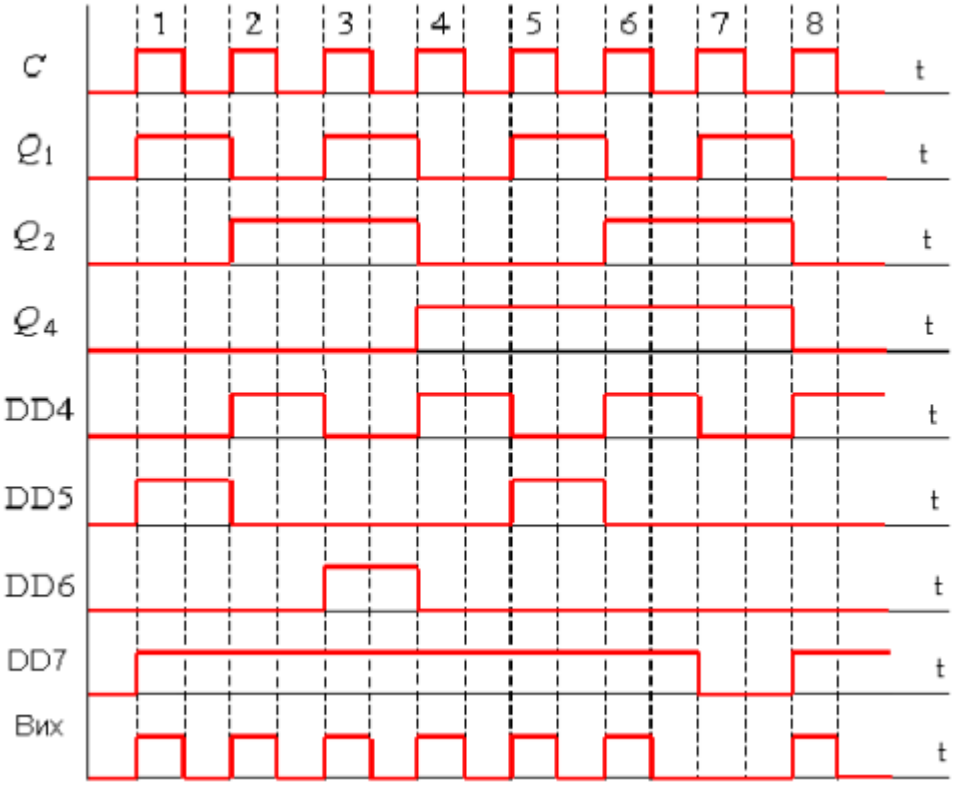


Рис. 10.20

Якщо забезпечити такий режим, при якому на вхід S подаватиметься у двійковому коді деяка функція $F(x)$, а на вхід C – приріст аргументу цієї функції Δx, то кількість імпульсів на виході буде пропорційною інтегралу $\int F(x)dx$.