

ОИЦЭ (ПС4) Лекция 8. Счетчики. Регистры

Счетчики

Счетчиком называется устройство, предназначенное для счета входных импульсов и отображения результата счета на n выходах в виде n -разрядного цифрового кода, а также для его хранения в течение некоторого времени. Счетчики выполняются на основе нескольких триггеров, работающих в счетном режиме. Максимальное число импульсов, которое может быть отображено на выходах счетчика и при превышении которого счетчик сбрасывается в 0, называется коэффициентом счёта $K_{сч}$. При непрерывной последовательности входных импульсов работа счётчика проходит циклически: на выходах счетчика последовательно отображается число от 0 до $K_{сч} - 1$, при подаче импульса с номером $K_{сч}$ счетчик сбрасывается в 0, далее всё повторяется.

Классификация счетчиков. По модулю счёта различают

- двоичные счётчики: $K_{сч}=2^n$;
- десятичные счётчики $K_{сч}=10^n$;
- счётчики с произвольным и (или) изменяемым $K_{сч}$.

По направлению счета различают

- суммирующие счётчики (при подаче каждого следующего импульса число, формируемое на выходах счётчика, увеличивается на 1);
- вычитающие счетчики (при подаче каждого следующего импульса число, формируемое на выходах счётчика, уменьшается на 1);
- реверсивные счётчики (могут использоваться как суммирующие и вычитающие).

По способу организации внутренних связей различают

- счётчики с последовательным переносом (асинхронные): выполняются как последовательное соединение n триггеров; входной импульс поступает на тактовый вход первого триггера, тактовый вход каждого последующего триггера соединен с выходом предыдущего;
- счётчики с параллельным переносом (синхронные): входные импульсы подаются на тактовые входы всех триггеров счётчика одновременно.

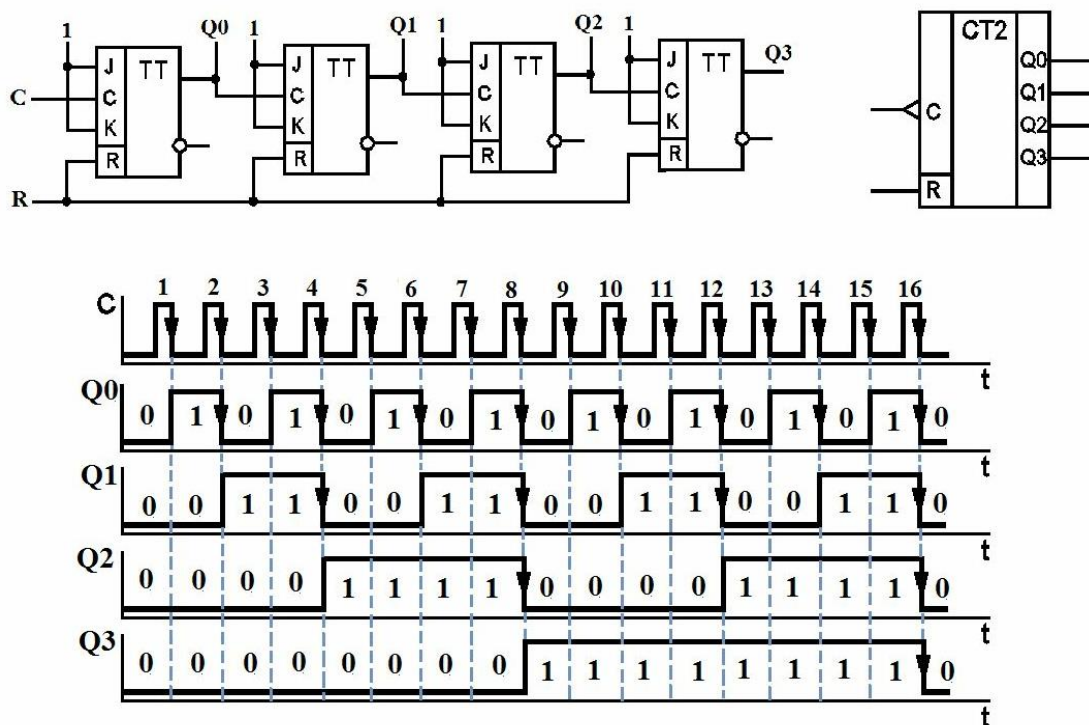


Рис. 8.1. Схема 4-разрядного двоичного счётчика с последовательным переносом, обозначение на схемах, временные диаграммы работы

Для примера рассмотрим схему четырехразрядного двоичного счетчика с последовательным переносом и временные диаграммы его работы (рис. 8.1).

Счетчик выполнен как последовательное соединение 4 триггеров. Используются 2-ступенчатые JK-триггеры, работающие в счётном режиме ($J=K=1$) по спаду тактового импульса. Тактовый вход каждого последующего триггера соединён с прямым выходом предыдущего. Поэтому первый триггер меняет свое состояние по спаду входного тактового импульса, второй – по спаду импульса Q_0 , третий – по спаду импульса Q_1 , четвертый – по спаду импульса Q_2 . На временных диаграммах для наглядности показан двоичный код на выходах счётчика. Выход первого триггера Q_0 – младший разряд этого кода, Q_3 – старший разряд. По спаду i -го входного импульса на выходах появляется число i в двоичном коде; с каждым следующим импульсом число, отображаемое на выходах счётчика, возрастает на единицу; по спаду 15-го импульса на всех выходах устанавливается 1, по спаду 16-го импульса счётчик сбрасывается в 0 (0 на всех выходах). Триггеры имеют асинхронные входы сброса R , соединенные между собой.

Наличие R -входа позволяет обнулить счётчик не только по достижению $K_{сч}$, но в любой момент. В частности, таким образом можно создать счетчик с $K'_{сч} < 2^n$. В момент, когда на C -вход счётчика поступает импульс с номером $K'_{сч}$ и на выходах счётчика появляется число $K'_{сч}$ в двоичном коде, с помощью дополнительного элемента И формируется импульс сброса. Входы элемента И соединяются с теми выходами счётчика, на которых при подаче импульса с номером $K'_{сч}$ появляется 1, выход – с R -входом счетчика. На рис. 8.2 показано, как подобным образом на основе двоичного четырехразрядного счётчика можно выполнить двоично-десятичный счётчик (счётчик с $K'_{сч}=10$) и даны временные диаграммы его работы.

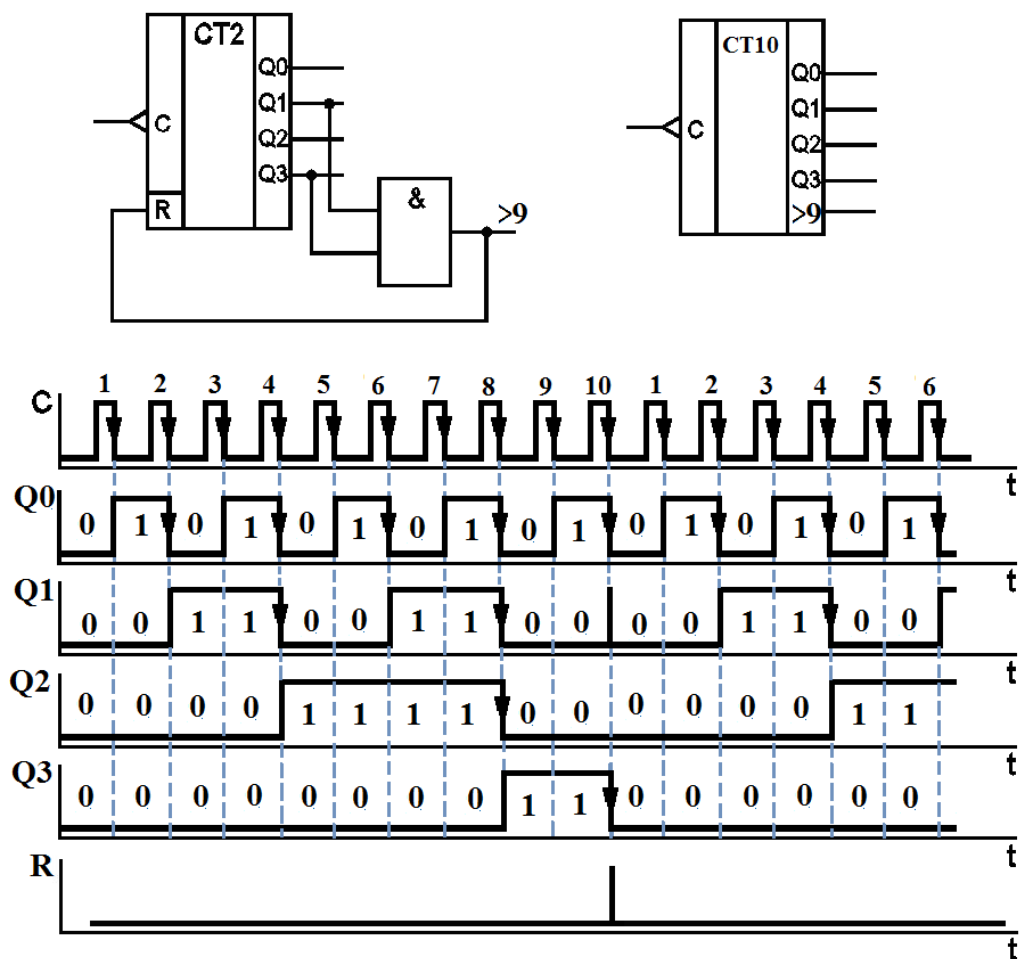


Рис. 8.2. Реализация счётчика с $K_{сч}=10$ на основе 4-разрядного двоичного счетчика; обозначение двоично-десятичного счетчика на схемах, временные диаграммы работы

При подаче на вход счетчика импульсов с 1-го по 9-й по спаду импульса на выходах счетчика появляется двоичный код, соответствующий номеру входного импульса (как в двоичном счётчике). По спаду 10-го входного импульса на выходах счетчика на очень короткое время (соизмеримое с временами задержки распространения используемых в счетчике триггеров) устанавливается код 0101, на выходе элемента И появляется 1. Счётчик обнуляется, на выходах устанавливается код 0000 и на выходе элемента И также устанавливается 0, т. е. формируется столь же короткий импульс сброса.

Для увеличения коэффициента счёта (а значит и разрядности счётчика) можно использовать каскадирование счетчиков меньшей разрядности (рис. 8.3).

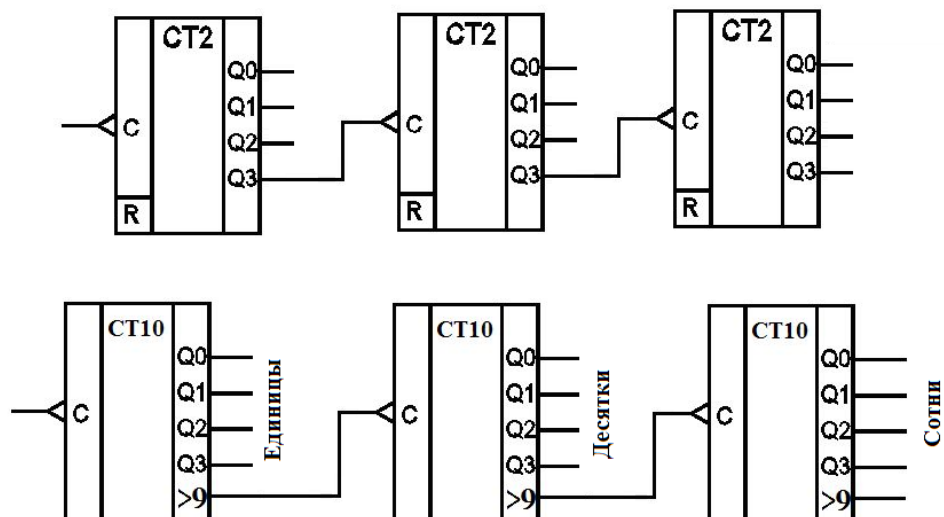


Рис. 8.3. Каскадирование счётчиков

Каждый триггер имеет определенную задержку срабатывания, поэтому окончательный результат счёта на выходах счётчика с последовательным переносом также устанавливается с задержкой, которая тем больше, чем больше в счётчике триггеров, т. е. чем выше разрядность. Поэтому главный недостаток счётчиков с последовательным переносом – низкое быстродействие; достоинство – простота.

В счётчиках с параллельным переносом входные импульсы подаются на тактовые входы всех триггеров счётчика одновременно, поэтому все триггеры срабатывают синхронно. Время, за которое на выходах счётчика устанавливается результат счёта, определяется задержкой **одного** триггера. Поэтому счётчики с параллельным переносом имеют более высокое быстродействие. Однако в состав таких счётчиков должны входить дополнительные цепи связи между триггерами, сложность которых возрастает с разрядностью. Поэтому, как правило, счётчики с параллельным переносом имеют низкую разрядность.

На основе счётчиков выполняются различные устройства управления, автоматики и цифровой индикации, вычислительные устройства.

Регистры

Регистрами называют последовательностные цифровые устройства для хранения и преобразования двоичных чисел. Выполняются на основе D-триггеров, число которых определяет разрядность регистра. Все регистры можно разделить на

- регистры памяти (хранения)
- регистры сдвига.

Регистр памяти – устройство для хранения n-разрядного двоичного числа в течение некоторого времени. Каждый триггер, входящий в состав регистра, сохраняет один из разрядов двоичного числа. Помимо триггеров, в состав схемы регистра могут входить дополнительные элементы, например для обеспечения режимов записи и считывания информации.

На рис. 8.4 показана схема четырехразрядного регистра памяти и обозначение ИМС регистра. На выходах триггеров установлены элементы И, позволяющие подключать триггеры к выходам регистра ($E=1$).

1. Запись. $R=0$, $E=0$. Каждый разряд записываемого 4-разрядного числа подается на D-вход одного из триггеров. Запись происходит по фронту тактового импульса, подаваемого на C-входы всех триггеров. Т.к. $E=0$, информация каждого триггера не попадает на выходы регистра и на выходах $DO0 - DO3$ имеем 0.

2. Хранение. $R=0$, $E=0$, тактовый импульс отсутствует ($C=0$). В каждом триггере хранится значение одного из разрядов записанного числа. Записанное в регистр число сохраняется в нем до следующего тактового импульса либо до обнуления регистра. На выходах $DO0 - DO3$ 0.

3. Считывание. $R=0$, $E=1$. Записанное число отображается на выходах $DO0 - DO3$.

4. Обнуление. $R=1$, $E=0$, все триггеры сбрасываются в 0.

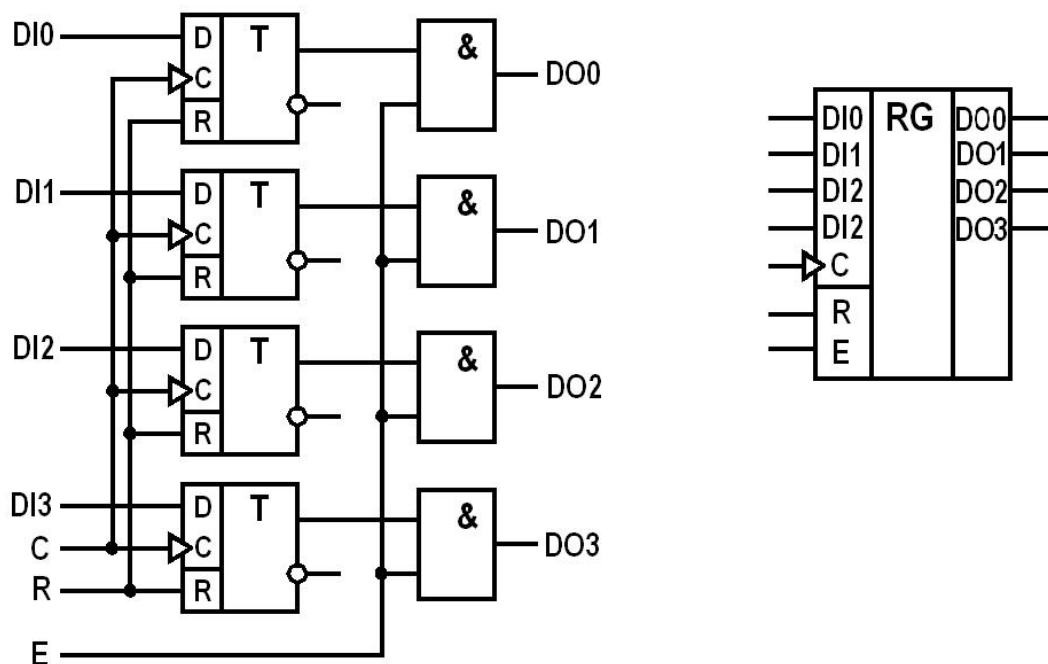


Рис. 8.4. Схема четырехразрядного регистра памяти; обозначение ИМС регистра памяти.

Регистры сдвига, помимо хранения, могут осуществлять различные преобразования над двоичными числами (временной сдвиг, преобразование последовательного кода в параллельный, арифметические и логические операции и др.). На рис. 8.5 показана схема четырёхразрядного регистра сдвига и временные диаграммы его работы. Регистр построен на 4 двухступенчатых D-триггерах с объединёнными тактовыми входами, выход каждого предыдущего триггера соединён с D-входом последующего.

Из временных диаграмм видно, что входные импульсы лог. 1 или 0 с приходом ТИ появляются в начале на выходе Q0, а затем с каждым новым ТИ переходят последовательно на Q1, Q2 и Q3.

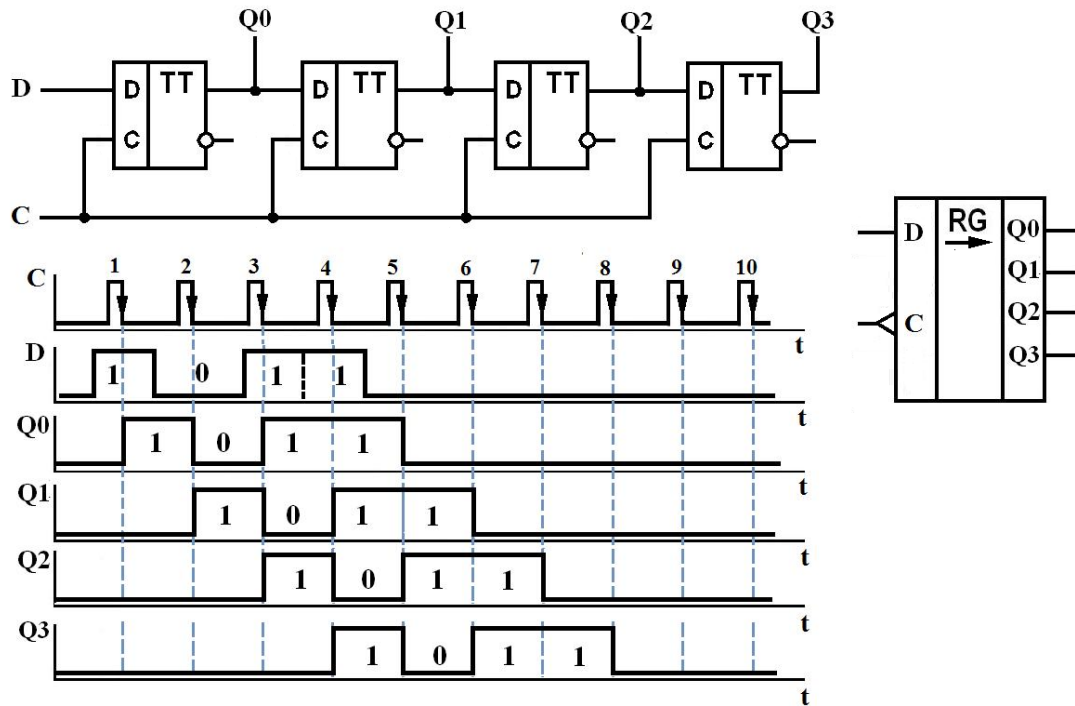


Рис. 8.5. Схема четырёхразрядного регистра сдвига; обозначение ИМС регистра сдвига; временные диаграммы работы.

На вход регистра подается число 1011 в последовательном коде. Из временных диаграмм видно, что по спаду тактового импульса 4 на выходах счетчика устанавливается то же число, но в параллельном коде. Таким образом, происходит преобразование последовательного кода в параллельный.