ЭиУА

Дәуренов ӘД

Лекция 9. Триггеры и счётчики

Цель лекции

Изучить

- назначение,
- устройство и
- принцип работы триггеров и счётчиков,
- рассмотреть их основные типы,
- особенности и применение в промышленных системах автоматизации.

План лекции

1. Понятие триггера и его назначение.
2. Принцип работы триггера.
3. Основные типы триггеров: RS, D, JK, T.
4. Применение триггеров в системах автоматики.
5. Понятие счётчика и принцип его работы.
6. Основные виды счётчиков.
7. Основные характеристики счётчиков.
8. Применение счётчиков в промышленной автоматике.
9. Реализация триггеров и счётчиков в PLC.
10. Значение триггеров и счётчиков в автоматизации.

Логические устройства — это электронные или электромеханические устройства, предназначенные для обработки логических сигналов и выполнения логических операций в соответствии с заданными правилами.

В цифровых системах логические сигналы обычно принимают два значения:
0 (логический ноль) и 1 (логическая единица).

Логические устройства применяются для обработки сигналов, принятия логических решений, хранения информации и управления работой автоматизированных систем.
В цифровой электронике и автоматике логические устройства подразделяются на два основных вида (по принципу работы) :

- комбинационные и последовательностные.

1. Комбинационные логические устройства

Комбинационные логические устройства — это цифровые устройства, выходные сигналы которых определяются только текущими значениями входных сигналов.
Иными словами, результат работы зависит от того, какие логические значения (0 или 1) поступают на входы в данный момент.
Такие устройства не сохраняют информацию о предыдущих состояниях.
К комбинационным логическим устройствам относятся:

- Логические элементы AND (И), OR (ИЛИ), NOT (НЕ).
- Дешифраторы и шифраторы.
- Мультиплексоры и демультиплексоры.
- Сумматоры.
- Преобразователи кодов.

Пример: логический элемент AND.
Если на оба входа поступает логическая единица (A = 1, B = 1), выход Q = 1. При изменении любого входа на 0 выход также становится равным 0 (с учётом небольшой задержки распространения сигнала).

2. Последовательностные логические устройства

Последовательностные логические устройства — это цифровые устройства, выходные сигналы которых зависят не только от текущих входных сигналов, но и от предыдущего состояния устройства.
В отличие от комбинационных устройств, они обладают способностью сохранять информацию.
К последовательностным логическим устройствам относятся:

- Триггеры — устройства для хранения одного бита информации.
- Регистры — устройства для хранения и, в некоторых случаях, сдвига многобитных данных.
- Счётчики — устройства для подсчёта импульсов и событий.
- Конечные автоматы — устройства, выполняющие последовательность операций в зависимости от входных сигналов и текущего состояния.

Пример: D-триггер.

При поступлении активного фронта CLK триггер запоминает значение входа D. Даже если значение D изменится, выход Q сохранит ранее записанное состояние до следующего активного фронта CLK.

В предыдущей лекции «Логические элементы автоматики» мы рассматривали элементы AND, OR и NOT.

Они относятся к комбинационной логике.

ёВ текущей лекции «Триггеры и счётчики» мы изучаем последовательностную логику, поскольку эти устройства способны сохранять состояние.

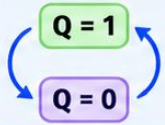
1. Понятие триггера и его назначение

Триггер (Flip-Flop) — это логическое устройство, способное находиться в одном из двух устойчивых состояний и сохранять своё состояние до поступления соответствующего управляющего сигнала.
В отличие от обычных логических элементов AND, OR и NOT, триггер обладает **способностью запоминать информацию.**

Например, логический элемент AND формирует выход в зависимости от текущих входных сигналов. Триггер же может сохранять ранее установленное состояние даже **после исчезновения управляющего импульса**.

Триггеры: основные сигналы и принцип работы

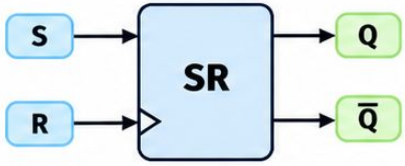
Триггер — это цифровой элемент памяти, который может находиться в одном из двух устойчивых состояний: Q = 1 (включено) или Q = 0 (выключено).



Основные сигналы триггера

Обозначение	Название	Назначение
S	Установка (Set)	Устанавливает Q = 1 (записывает «1»)
R	Сброс (Reset)	Устанавливает Q = 0 (записывает «0»)
Q	Прямой выход	Текущее состояние триггера (0 или 1)
$\overline{Q}$	Инверсный выход	Противоположное состояние Q ($\overline{Q}$ = не Q)
CLK	Тактовый сигнал (Clock)	Определяет момент переключения у тактируемых триггеров

Пример: SR-триггер (асинхронный)



Принцип работы SR-триггера:

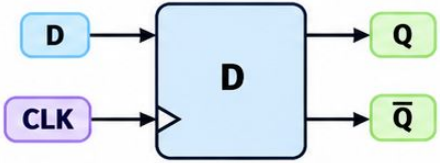
- S = 1 → установка: Q = 1.
- R = 1 → сброс: Q = 0.
- S = 0 и R = 0 → состояние сохраняется.
- S = 1 и R = 1 → недопустимое состояние (избегается в практике).

S	R	Q (следующее состояние)
0	0	Q (без изменений)
0	1	0 (сброс)
1	0	1 (установка)
1	1	— (недопустимо)

Временная диаграмма (пример)



Пример: D-триггер (с тактовым сигналом)



Принцип работы D-триггера:

- На активном фронте тактового сигнала (CLK) триггер запоминает значение на входе D.
- После этого значение сохраняется до следующего тактового импульса.

Важно

- Не все триггеры имеют одинаковые входы.
- Например, D-триггер использует вход D и тактовый сигнал CLK.
- Триггеры применяются для хранения состояния, формирования импульсов, счётчиков, регистров и других функций управления.

Пример: запоминание команды включения с помощью триггера

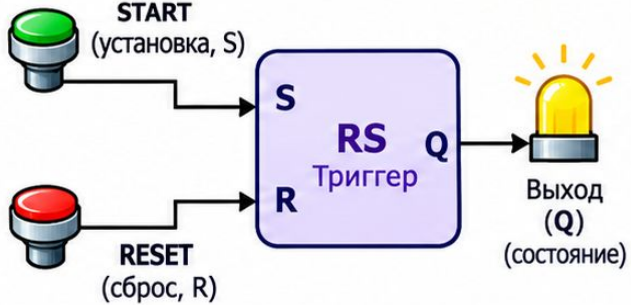
Задача

Запомнить команду включения от кнопки START и сохранять её до поступления команды RESET.

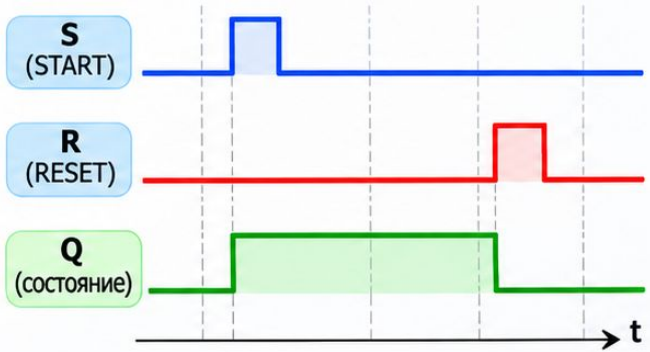
Логика работы

- Нажатие START (установка) → Q = 1.
- Нажатие RESET (сброс) → Q = 0.
- Состояние сохраняется после отпускания кнопок.

Схема (RS-триггер)



Временная диаграмма (пример работы)



Пошаговая работа

1. Нажатие START → триггер устанавливается: Q = 1.
2. Отпускание START → Q остаётся 1 (состояние сохраняется).
3. Нажатие RESET → триггер сбрасывается: Q = 0.

Результат

Команда включения запоминается и удерживается, пока не поступит команда сброса.

Важно

Обычный триггер хранит состояние только при наличии питания. Для сохранения информации после отключения питания нужны специальные решения, например энергонезависимая память.

3. Основные типы триггеров

В цифровых устройствах и автоматике применяются четыре основных типа триггеров:

- RS-триггер.
- D-триггер.
- JK-триггер.
- T-триггер.

Они отличаются **входными сигналами и правилами изменения состояния.**

RS-триггер: принцип работы и применение

RS-триггер — устройство для установки и сброса одного логического состояния (хранит 0 или 1).



Входы и их назначение

- **S** — установка состояния Q = 1 (Set)
- **R** — сброс состояния Q = 0 (Reset)

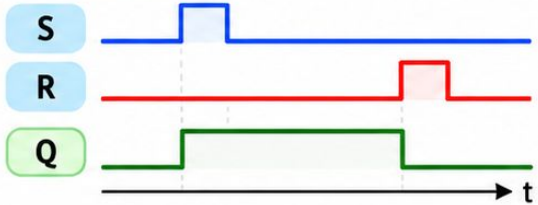
Таблица работы RS-триггера (активный высокий уровень)

S	R	Следующее состояние Q
0	0	Сохраняет предыдущее (Q без изменений)
0	1	0 — сброс
1	0	1 — установка
1	1	Недопустимая комбинация (для классического RS на NOR)

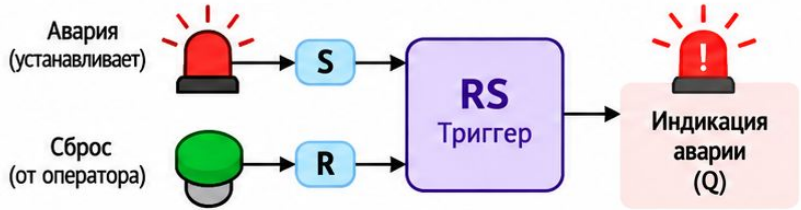
Схема RS-триггера (логический блок)



Временная диаграмма (пример)



Пример применения: фиксация аварийного сигнала



Логика работы

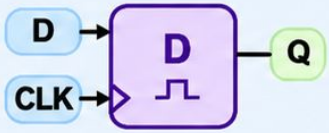
- При возникновении аварии триггер устанавливается в Q = 1.
- Даже если аварийный сигнал исчезнет, состояние сохраняется.
- Сброс в Q = 0 выполняется отдельной командой (R).

Особенность в PLC

В промышленных PLC также встречается блок RS с приоритетом сброса или SR с приоритетом установки. В таких блоках одновременные активные сигналы обрабатываются согласно заданному приоритету.

D-триггер: принцип работы и применение

D-триггер — устройство для запоминания значения входного сигнала D в определённый момент времени.



Основные входы

- **D** — информационный вход (запоминаемое значение).
- **CLK** — тактовый вход (синхронизирующий сигнал).

Принцип работы

- На положительном фронте CLK (переход 0 → 1) триггер запоминает текущее значение D.
- Между фронтами CLK состояние Q не меняется (сохраняется).

Схема D-триггера



Временная диаграмма (пример, исправленная)

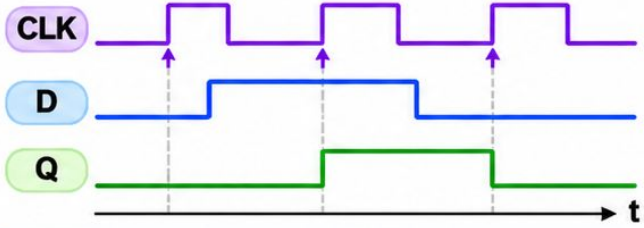
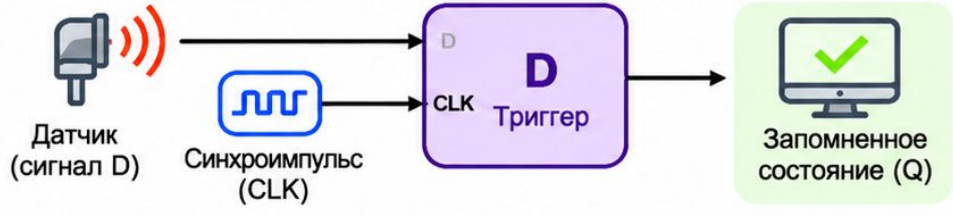


Таблица работы (на положительном фронте)

D	Событие CLK	Следующее Q
0	Положительный фронт (0 → 1)	0
1	Положительный фронт (0 → 1)	1
0 или 1	Нет активного фронта (CLK = 0 или 1 без перехода)	Сохраняется (без изменений)

Пример применения: запоминание состояния датчика



Где используется

- В регистрах (хранение данных).
- В цифровых устройствах обработки сигналов.
- В синхронных системах управления (с фиксацией состояний по тактовому сигналу).

CLK (Clock) простым языком

CLK (Clock) — это тактовый сигнал, который сообщает триггеру, в какой именно момент нужно проверить входной сигнал и, при необходимости, изменить своё состояние.

Зачем триггеру нужен CLK?

Представим, что триггер — это устройство, которое запоминает 0 или 1.

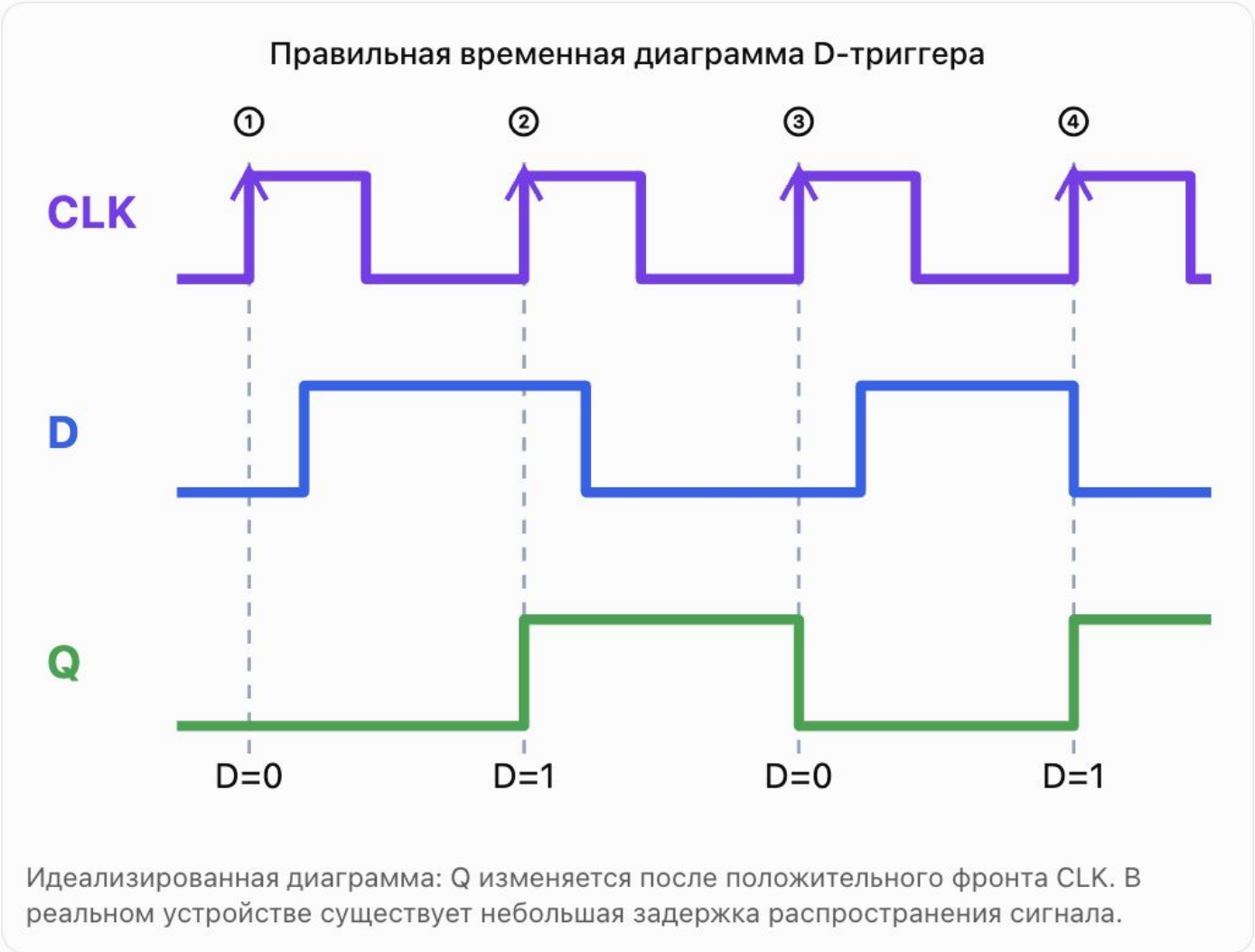
У него есть:

- D (Data) — вход, на который поступает информация (0 или 1).
- CLK (Clock) — сигнал, который говорит: «Сейчас запомни информацию!»
- Q (Output) — выход, показывающий запомненное значение.

Например, на входе D находится 1. Но триггер не обязан сразу записывать эту единицу.

Он ждёт определённого изменения сигнала CLK.

Когда приходит нужный момент, триггер запоминает значение D и передаёт его на выход Q.



Идеализированная диаграмма: Q изменяется после положительного фронта CLK. В реальном устройстве существует небольшая задержка распространения сигнала.

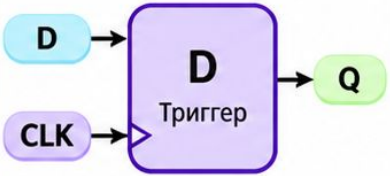
D-триггер: пример работы по временной диаграмме

D-триггер — запоминает значение входа D в момент положительного фронта сигнала CLK (перехода 0 → 1).

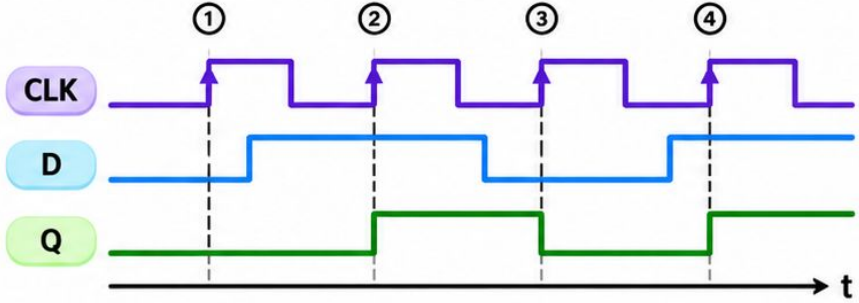
Сигналы и их значение

- **CLK** — тактовый сигнал: определяет, когда запоминать информацию.
- **D** — входные данные: 0 или 1.
- **Q** — выход: запомненное значение.

Схема D-триггера



Временная диаграмма (разбор 4 моментов)



Разбор четырёх моментов

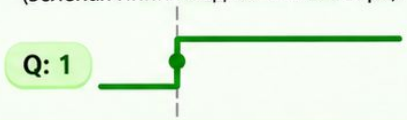
1 Первый импульс CLK — D = 0

- Вход D = 0.
- Триггер считывает 0 и сохраняет его на выходе.
- **Результат: Q = 0**
  (зелёная линия остаётся внизу).



2 Второй импульс CLK — D = 1

- Перед фронтом D изменился с 0 на 1.
- На втором фронте триггер считывает D = 1.
- **Результат: Q = 1**
  (зелёная линия поднимается вверх).



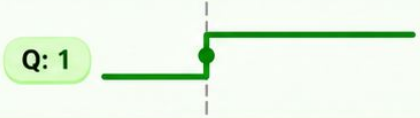
3 Третий импульс CLK — D = 0

- К этому моменту вход D снова стал равен 0.
- Триггер считывает 0.
- **Результат: Q = 0**
  (зелёная линия опускается вниз).



4 Четвёртый импульс CLK — D = 1

- В момент четвёртого фронта D = 1.
- Триггер запоминает единицу.
- **Результат: Q = 1**
  (зелёная линия поднимается вверх и остаётся там, даже когда D позже = 0).



Главное: D-триггер не копирует D постоянно, а запоминает его только в момент активного фронта CLK (0 → 1).

На диаграмме Q изменяется точно на вертикальной линии положительного фронта CLK. Для учебного объяснения это правильно.

В реальном электронном D-триггере существует небольшая задержка между фронтом CLK и изменением Q, называемая **clock-to-Q delay**.

Кроме того, вход D должен быть стабильным в течение небольшого времени до и после активного фронта CLK.

Главное, что нужно запомнить студентам:

D-триггер работает по правилу:

$$\boxed{Q_{next} = D \text{ в момент активного фронта CLK}}$$

То есть **CLK определяет КОГДА запоминать, D определяет ЧТО запоминать, а Q показывает ЧТО запомнили.**

Именно поэтому временная диаграмма на вашем рисунке корректна для идеализированного D-триггера с положительным фронтом CLK.

JK-триггер: принцип работы и применение

JK-триггер — разновидность тактуируемого триггера с двумя управляющими входами J и K. Позволяет устанавливать, сбрасывать, сохранять или переключать состояние.



Логика работы

- **J = 0, K = 0** — сохраняет текущее состояние.
- **J = 0, K = 1** — сброс: Q = 0.
- **J = 1, K = 0** — установка: Q = 1.
- **J = 1, K = 1** — переключение: Q меняется на противоположное (Q → $\overline{Q}$).

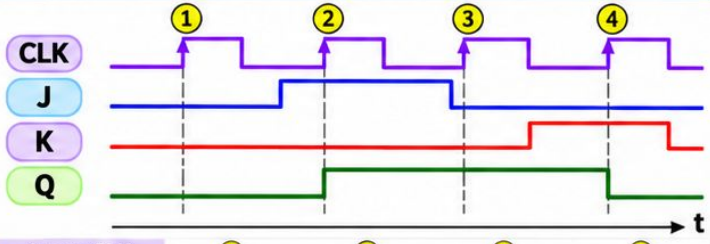
Таблица переходов (на активном тактовом событии)

J	K	Следующее состояние Q
0	0	Сохранение (Q не меняется)
0	1	Сброс: Q = 0
1	0	Установка: Q = 1
1	1	Переключение: Q → $\overline{Q}$

Схема JK-триггера

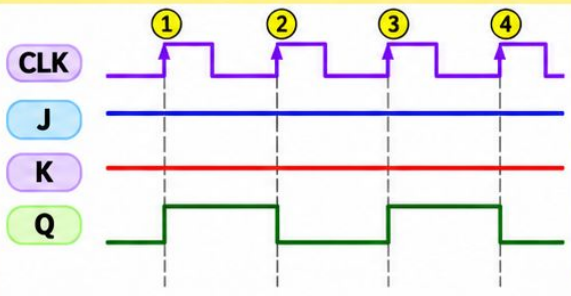


Временная диаграмма (пример: разные режимы работы)



Фронт CLK	1	2	3	4
J, K	0, 0	1, 0	0, 0	0, 1
Режим	Сохранение	Установка	Сохранение	Сброс
Q (после фронта)	0	1	1	0

Режим переключения: J = 1, K = 1



J = 1
K = 1

Q переключается при каждом положительном фронте CLK

Q (после фронта)	1	0	1	0

Пример применения: счётчик

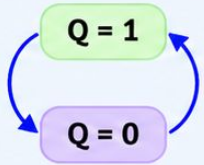


Особенности

- Таблица переходов относится к моменту активного фронта CLK (обычно — переход 0 → 1).
- При J = 1 и K = 1 триггер меняет своё состояние на противоположное (режим переключения, аналог Т-триггера).
- Используется для построения цифровых счётчиков, делителей частоты и последовательностных схем.

T-триггер: принцип работы и применение

T-триггер — устройство для переключения между двумя состояниями (**Q = 0** и **Q = 1**).



Входы

- **T** — управляющий вход (разрешение переключения).
- **CLK** — тактовый вход (синхроимпульс).

Логика работы

- **T = 1** — при каждом активном тактовом импульсе Q меняется на противоположное.
- **T = 0** — состояние Q сохраняется.

Схема T-триггера



Временная диаграмма (пример, T = 1)

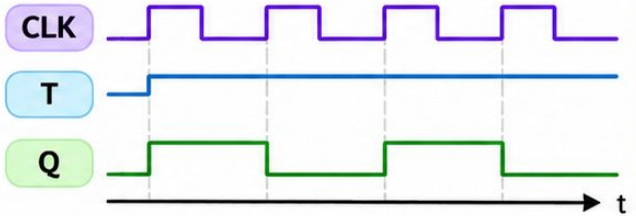
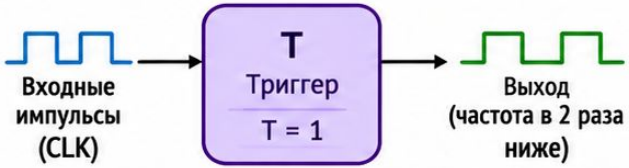


Таблица переходов

T	Q (до импульса)	Q (после импульса)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Пример применения: делитель частоты на 2



Последовательность переключений (пример, T = 1)

Начало	Имп. 1	Имп. 2	Имп. 3	Имп. 4
0 →	1 →	0 →	1 →	0

Где используется

- Подсчёт импульсов.
- Деление частоты (на 2, 4, 8 и т. д.).
- Построение счётчиков и последовательностных схем.

JK-триггер и T-триггер – очень похожи.

Более того, T-триггер можно реализовать на основе JK-триггера. Оба триггера могут переключать своё состояние на противоположное при каждом активном фронте CLK.

K-триггер имеет два управляющих входа — J и K. Он способен выполнять четыре операции.

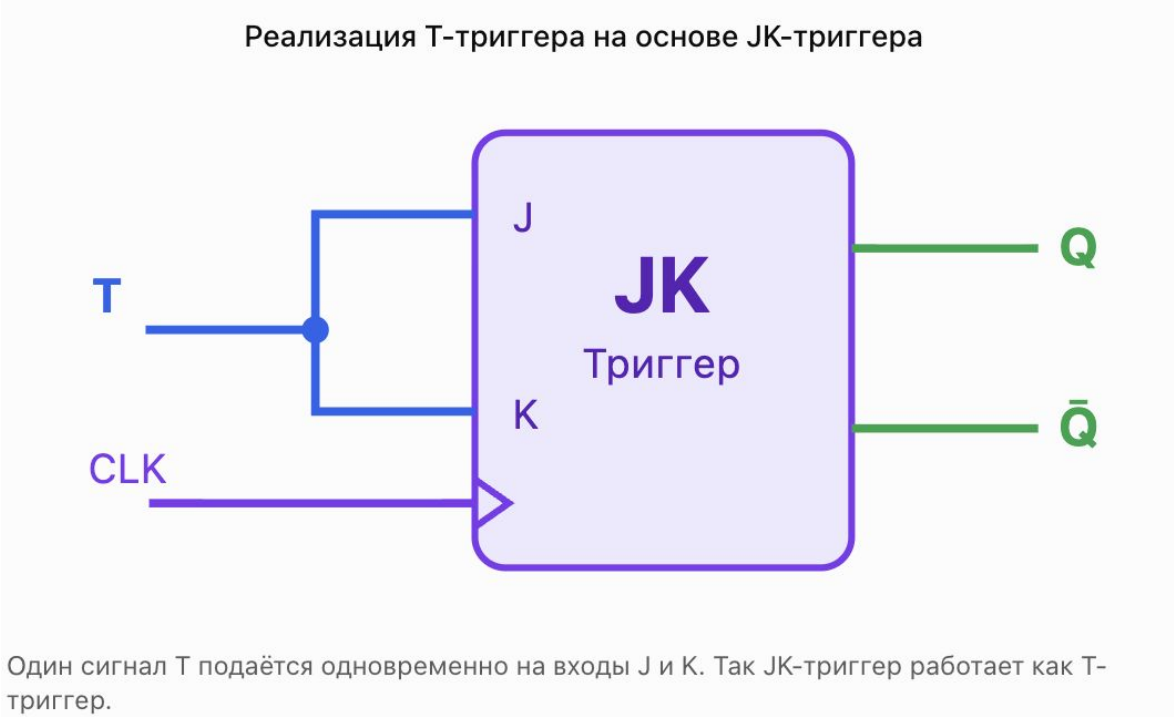
T-триггер имеет один управляющий вход — T. Он выполняет только две операции.

Операция	JK-триггер	T-триггер
Сохранить состояние	J=0, K=0	T=0
Установить Q=1	J=1, K=0	Нет отдельного режима
Сбросить Q=0	J=0, K=1	Нет отдельного режима
Переключить Q	J=1, K=1	T=1

Получается, JK-триггер более универсальный, а T-триггер предназначен прежде всего для переключения состояния.

Как из JK-триггера сделать T-триггер?

Очень просто: нужно соединить входы J и K вместе и подавать на них один сигнал T.



Вывод по JK и T триггерам

JK-триггер является более универсальным устройством, поскольку обеспечивает четыре режима управления состоянием. T-триггер имеет более простую функциональную структуру и предназначен преимущественно для переключения двоичного состояния.

При условии J = K = T оба триггера выполняют одинаковые функции, если имеют одинаковый способ тактового управления.

Таким образом, **T-триггер можно рассматривать как функционально упрощённый вариант JK-триггера**, применяемый главным образом в устройствах подсчёта импульсов и деления частоты.

Деление частоты на два с помощью JK-триггера

Задача: разделить частоту импульсов на два с помощью JK-триггера.

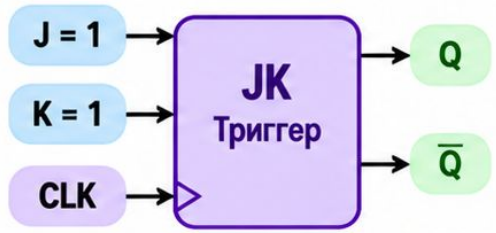
Условия

- На вход CLK поступает 100 импульсов в секунду (f_{CLK} = 100 Гц).
- Устанавливаем **J = K = 1.**

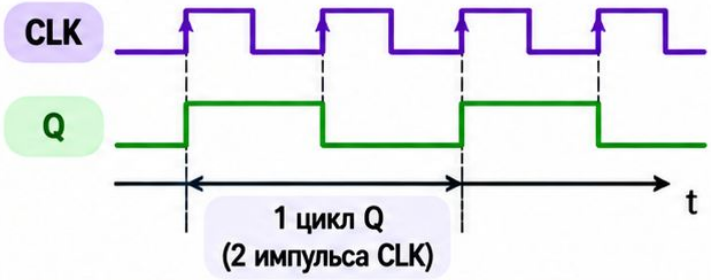
Что происходит

- При J = K = 1 выход Q меняется на каждом положительном фронте CLK (переключается 0 ↔ 1).
- Для одного полного цикла Q (0 → 1 → 0) нужны два импульса CLK.

Схема JK-триггера (J = K = 1)



Временная диаграмма



Расчёт выходной частоты

$$f_Q = \frac{f_{CLK}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ Гц}$$

Выходная частота Q: 50 Гц.

Главное отличие от D-триггера

D-триггер на фронте CLK запоминает значение входа D, а JK-триггер при J = K = 1 на каждом активном фронте меняет собственное состояние на противоположное.

Сравнение

Триггер	Действие на активном фронте CLK
D-триггер	Запоминает значение входа D ($Q = D$).
JK-триггер (J = K = 1)	Меняет состояние на противоположное ($Q = \overline{Q}$).

Сравнение основных типов триггеров

Тип	Основная функция	Применение
RS	Установка и сброс состояния	Запоминание команд и аварий
D	Запоминание входного значения	Регистры, синхронизация сигналов
JK	Управляемое переключение	Счётчики, цифровые устройства
T	Переключение по импульсу	Подсчёт импульсов, деление частоты

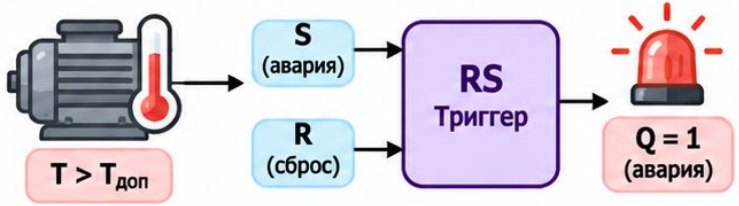
Применение триггеров: практические примеры

Триггеры – используются там, где необходимо сохранить информацию о событии или текущем состоянии системы.

Основная идея: запомнить событие (установить состояние) и сохранить его до команды сброса или изменения.

Пример 1. Запоминание аварии

- В установке температура двигателя превысила допустимое значение.
- Датчик формирует сигнал аварии, который устанавливает RS-триггер в состояние 1.
- Аварийный сигнал остаётся активным, пока оператор не подтвердит и не сбросит его.

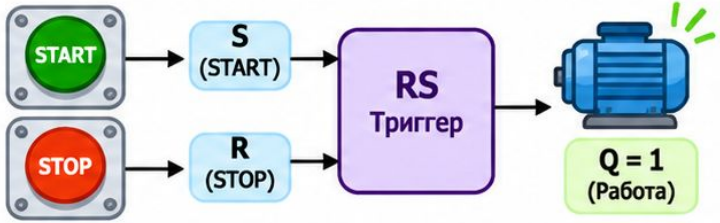


Результат

- Авария зафиксирована (Q = 1).
- Сигнал сохраняется даже после снижения температуры.

Пример 2. Запоминание команды запуска

- При нажатии кнопки START система переходит в состояние «Работа».
- После отпускания кнопки состояние сохраняется.
- Команда STOP переводит систему в состояние «Остановлено».

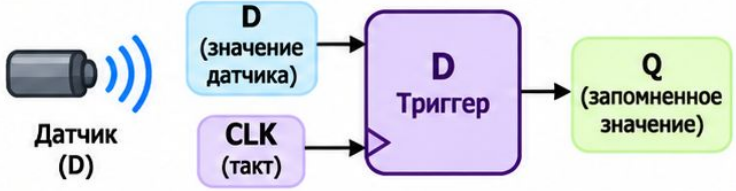


Результат

- После кратковременного нажатия START система остаётся в состоянии «Работа» (Q = 1).
- STOP сбрасывает состояние (Q = 0).

Пример 3. Фиксация состояния датчика

- D-триггер может запоминать значение цифрового сигнала в момент тактового события.
- Используется в цифровых устройствах, где необходимо согласовать работу нескольких блоков.



Результат

- Значение датчика фиксируется по тактовому сигналу.
- Позволяет согласовать работу нескольких блоков системы.

Счётчики. Понятие счётчика и его назначение

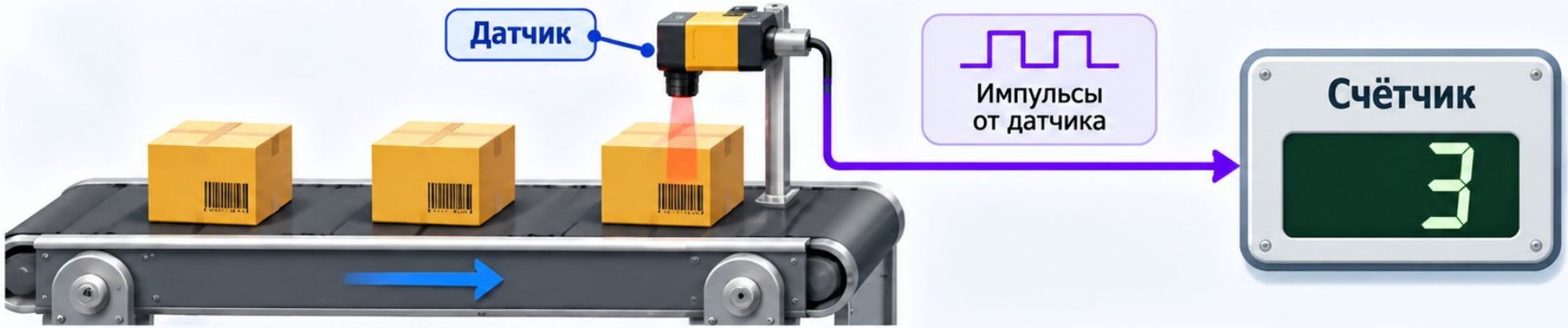
Счётчик (Counter) — это устройство или программный блок, предназначенный для подсчёта количества поступающих импульсов или событий.

Каждый учитываемый импульс изменяет значение счётчика согласно заданному правилу.

Например, если на конвейере установлен датчик обнаружения изделий, то каждый проходящий объект может формировать один счётный импульс.

Счётчик определяет количество прошедших изделий.

Пример: подсчёт изделий на конвейере



Как это работает

1. Изделие проходит перед датчиком.
2. Датчик формирует один импульс.
3. Счётчик увеличивает значение на 1 (Q = Q + 1).

Временная диаграмма сигналов



Итог: Каждое изделие → один импульс → +1 к счётчику. В примере прошло 3 изделия, поэтому счётчик = 3.

В автоматике счётчики используются для:

- Подсчёта изделий.
- Контроля количества циклов работы оборудования.
- Учёта импульсов датчиков.
- Управления последовательностью технологических операций.
- Формирования команд после достижения заданного количества событий.

Суммирующий счётчик: принцип работы и пример

Суммирующий счётчик — устройство, которое увеличивает своё значение на единицу при поступлении каждого учитываемого импульса.

Главное: каждый входной импульс увеличивает значение счётчика на 1 ($Q_{n+1} = Q_n + 1$).

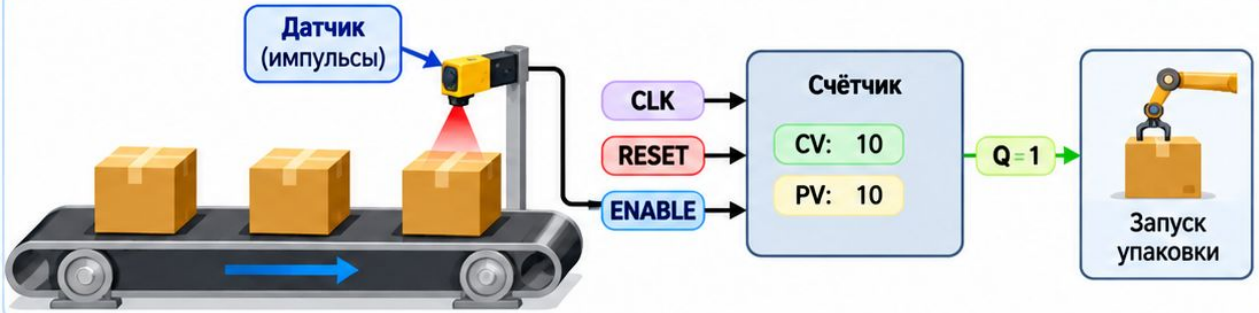
Пример работы счётчика

Количество импульсов	Значение счётчика
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

Основные сигналы счётчика

Сигнал	Назначение
CLK / CU	Счётный вход (импульсы для подсчёта).
RESET	Сброс счётчика (установка значения в 0).
ENABLE	Разрешение подсчёта (1 — считать, 0 — игнорировать импульсы).
CV (Current Value)	Текущее значение счётчика (выход: сколько уже посчитано).
PV (Preset Value)	Заданное значение (предел, при котором формируется выход).
Q	Выход достижения условия (например, Q = 1, когда CV = PV).

Пример: упаковка изделий партиями по 10 штук



Последовательность работы

1. Счётчик получает импульсы от датчика (каждое изделие → +1).
2. После достижения значения 10 (CV = PV) формируется выход Q = 1.
3. По сигналу Q запускается следующий этап технологического процесса (упаковка партии).
4. После завершения упаковки счётчик сбрасывается (RESET) и начинается новый цикл.

Классификация счётчиков: виды и примеры

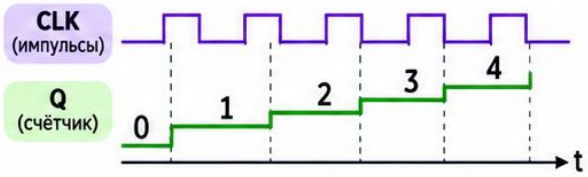
Счётчики классифицируются по направлению счёта, способу переключения и другим признакам.

Основные виды: суммирующие, вычитающие, реверсивные, асинхронные и синхронные.

7.1. Суммирующие счётчики (Up Counters)

Увеличивает своё значение при поступлении каждого импульса.

0 → 1 → 2 → 3 → 4 → …

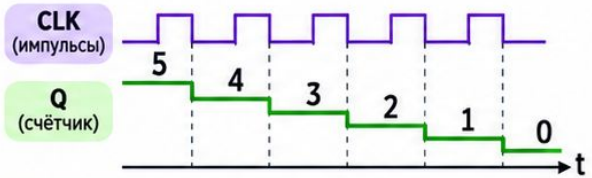


Применение: подсчёт произведённых изделий, количества проходов или циклов работы.

7.2. Вычитающие счётчики (Down Counters)

Уменьшает своё значение при поступлении каждого импульса.

5 → 4 → 3 → 2 → 1 → 0



Применение: контроль оставшегося количества операций или изделий до завершения задания.

7.3. Реверсивные счётчики (Up/Down Counters)

Может увеличивать или уменьшать значение в зависимости от управляющего сигнала.

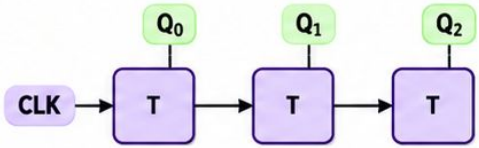


Пример: 0 → 1 → 2 → 1 → 0

Применение: подсчёт количества объектов в накопителе при контролируемом поступлении и удалении.

7.4. Асинхронные счётчики

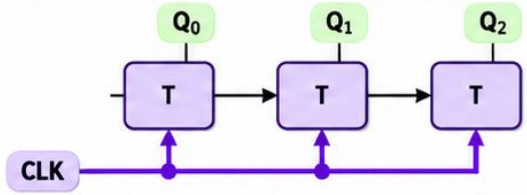
- Изменение состояния одного триггера вызывает переключение следующего.
- Часто называются последовательными или ripple counters.
- Особенность — задержки переключения накапливаются по мере распространения сигнала между разрядами.



Пример: трёхразрядный асинхронный счётчик (ripple counter)

7.5. Синхронные счётчики

- Все триггеры получают общий тактовый сигнал.
- Изменения их состояний происходят в соответствии с общей тактовой синхронизацией.
- Обычно лучше подходят для высокоскоростных цифровых устройств.



Пример: трёхразрядный синхронный счётчик

Сравнение основных видов счётчиков

Вид	Принцип работы	Пример применения
Суммирующий	Увеличивает значение	Подсчёт продукции
Вычитающий	Уменьшает значение	Оставшиеся операции
Реверсивный	Считает вверх и вниз	Учёт поступления и удаления
Асинхронный	Последовательное переключение триггеров	Простые цифровые схемы
Синхронный	Общий тактовый сигнал	Быстродействующие цифровые системы

Следует учитывать, что эти классификации независимы: например, суммирующий счётчик может быть как синхронным, так и асинхронным.

Основные параметры счётчиков

Разрядность

Разрядность определяет количество двоичных разрядов, используемых для хранения значения счётчика.

Количество состояний:

$$N = 2^n$$

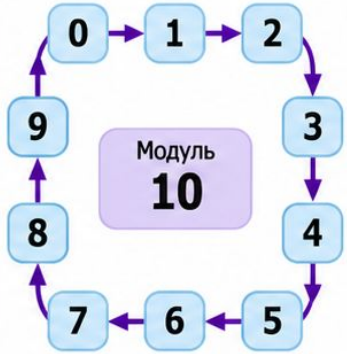
где n — разрядность (число бит).

Разрядность	Количество состояний	Диапазон
2 бита	4	0 – 3
3 бита	8	0 – 7
4 бита	16	0 – 15
8 бит	256	0 – 255
16 бит	65 536	0 – 65 535

Модуль счёта

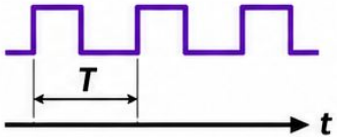
Модуль счёта — количество различных состояний, через которые счётчик проходит до повторения последовательности.

Пример: счётчик с модулем 10 последовательно принимает значения от 0 до 9, после чего возвращается к 0.



Максимальная частота счёта

Максимальная частота определяет, с какой скоростью счётчик способен надёжно обрабатывать входные импульсы.



Зависит от:

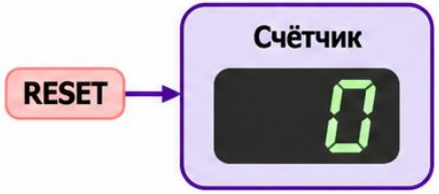
- конструкции устройства;
- длительности импульсов;
- характеристик входной схемы.

$$f_{max} = \frac{1}{T}$$

где T — минимальный период импульсов.

Сброс счётчика

Сброс позволяет установить счётчик в исходное состояние, обычно равное нулю.



Дополнительно:

в некоторых устройствах предусмотрена загрузка произвольного начального значения.

Триггеры как основа электронных счётчиков

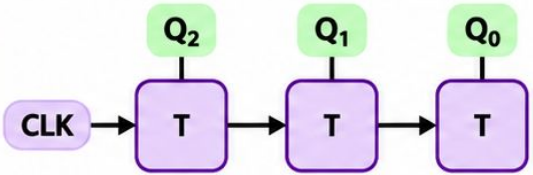
Триггеры — одни из основных элементов, на базе которых строятся электронные счётчики.

Каждый триггер способен хранить **один бит** информации (0 или 1).

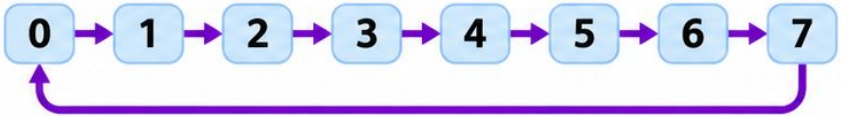
Объединение нескольких триггеров позволяет хранить **многобитное двоичное число.**

Пример: трёхразрядный двоичный счётчик

Трёхразрядный счётчик содержит три бита состояния и может представлять значения **от 0 до 7.**



Последовательность счёта (модуль 8)



Работа трёхразрядного двоичного счётчика

Импульсы	Двоичное состояние Q_2 Q_1 Q_0	Число
0	0 0 0	0
1	0 0 1	1
2	0 1 0	2
3	0 1 1	3
4	1 0 0	4
5	1 0 1	5
6	1 1 0	6
7	1 1 1	7

Итог: отдельные триггеры используются как элементы памяти для представления чисел и подсчёта событий.

Цикл работы: после состояния 111 (7) следующий импульс возвращает счётчик по модулю 8 в состояние 000 (0).

Разрядность счётчика и количество триггеров непосредственно взаимосвязаны.
Каждый триггер способен хранить один бит информации — 0 или 1.
Поэтому для построения двоичного счётчика из нескольких разрядов необходимо объединить соответствующее количество триггеров.
Например:

- 1 триггер → 1 бит → 2 состояния (0–1).
- 2 триггера → 2 бита → 4 состояния (0–3).
- 3 триггера → 3 бита → 8 состояний (0–7).
- 4 триггера → 4 бита → 16 состояний (0–15).

Разрядность двоичного счётчика определяется количеством триггеров, используемых для хранения его состояния. Каждый дополнительный триггер увеличивает разрядность на один бит и удваивает количество возможных состояний счётчика.
То есть чем больше триггеров, тем больше чисел может представить двоичный счётчик.

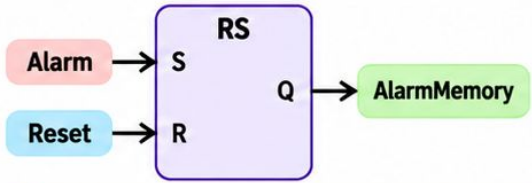
Триггеры и счётчики в PLC: примеры применения

Триггер RS в PLC (запоминание аварии)

Пример: запоминание аварийного сигнала.

Входы:
- **Alarm** — сигнал аварии.
- **Reset** — команда сброса.

Выход:
- AlarmMemory — запомненное состояние аварии.

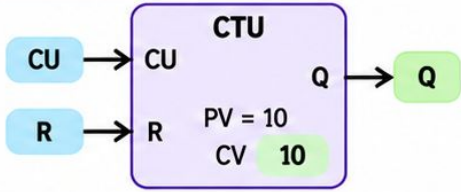


Принцип работы:
- При появлении сигнала Alarm память устанавливается в 1.
- После исчезновения аварийного сигнала состояние сохраняется до команды Reset.
- Сброс разрешается только при выполнении необходимых условий (устранении неисправности).

Счётчик CTU в PLC (суммирующий счётчик)

CTU (Count Up) — программный суммирующий счётчик.

Типичные параметры:
- CU — вход счётных импульсов.
- R — сброс.
- PV — заданное количество.
- CV — текущее значение.
- Q — сигнал достижения заданного количества.

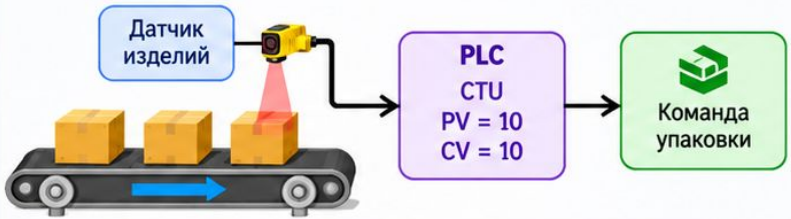


Пример: при PV = 10 счётчик формирует Q = 1 после достижения заданного количества изделий.

Обычно подсчёт выполняется по положительному фронту входа CU.

Пример автоматического подсчёта продукции

Система подсчёта продукции на основе PLC



Датчик → PLC → исполнительная команда

Алгоритм работы:
1. Датчик обнаруживает проходящее изделие.
2. PLC получает сигнал.
3. Счётчик увеличивает значение на единицу.
4. Когда количество достигнет 10, формируется команда упаковки.
5. После подтверждения завершения цикла счётчик сбрасывается.

Итог:

В реальных системах необходимо учитывать возможные ложные срабатывания датчика, дребезг и особенности движения конвейера.



Значение триггеров и счётчиков в автоматизации

Триггеры и счётчики являются важными функциональными элементами современных систем управления.

Триггеры обеспечивают:

- Запоминание состояния оборудования.
- Фиксацию аварийных событий.
- Сохранение управляющих команд.
- Построение последовательностных алгоритмов.
- Формирование состояний цифровых устройств.

Счётчики обеспечивают:

- Автоматический подсчёт продукции.
- Контроль количества технологических операций.
- Учёт циклов работы оборудования.
- Формирование команд по достижении заданного количества событий.
- Подсчёт импульсов цифровых датчиков.

Реализация триггеров и счётчиков в АСУ

В промышленной автоматизации триггеры и счётчики реализуются как реальные электронные устройства, электромеханические механизмы или программные функциональные блоки контроллеров PLC.

Важно понимать, что триггер и счётчик — это не обязательно отдельные устройства, которые устанавливаются в электрический шкаф. Часто они являются частью другого оборудования.

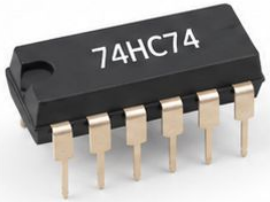
Разберём, как это устроено физически, на примерах из промышленности.

Реализация триггеров: основные способы

Триггер — устройство, которое хранит одно из двух состояний: 0 или 1.

В автоматике триггеры реализуют разными способами.

Электронный триггер в микросхеме



Пример: 74HC74

Реальный D-триггер в микросхеме.

Принцип работы (D-триггер):

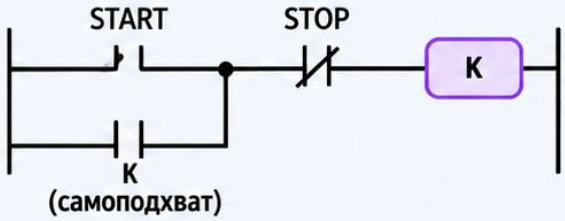
1. На вход D подаётся 0 или 1.
2. По фронту тактового сигнала CLK значение D записывается.
3. Выход Q хранит это значение до следующего фронта.

Релейная схема с памятью состояния



Пример: реле с самоподхватом

Схема на реле, которая «запоминает» команду включения.



Результат: состояние «Включено» сохраняется, пока есть питание и не нажата STOP.

Программный триггер в PLC



Пример: Siemens SIMATIC S7-1200

Триггер реализуется программно в контролере (PLC).

Функциональный блок RS:

Вход	Назначение
S	Установить состояние (Q = 1)
R	Сбросить состояние (Q = 0)
Q	Сохранённое состояние

Особенность: состояние Q хранится в памяти контроллера.

Реализация счётчиков: основные способы

Счётчики могут быть построены на триггерах, реализованы как готовые промышленные приборы или работать внутри PLC.

Назначение: подсчёт входных импульсов (событий).

Электронный счётчик на микросхеме



Пример: 74HC393

Микросхема с двумя независимыми четырёхразрядными счётчиками.

Принцип: на основе триггеров подсчитывает входные импульсы.

Последовательность счёта (4 бита):

0000 → 0001 → 0010 → 0011 → 0100

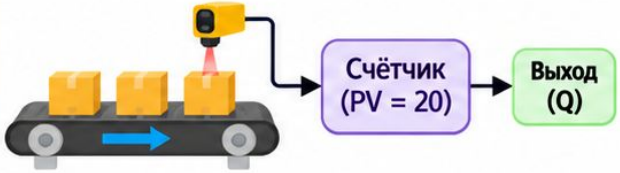
Отдельный промышленный счётчик импульсов



Пример: Omron H7CX

Автономный счётчик для установки в шкаф управления.

Функции: принимает импульсы от датчиков, отображает количество и формирует выходной сигнал при достижении заданного значения.



Программный счётчик в PLC



Пример: функциональный блок CTU

Программный счётчик в контроллере (PLC).

Принцип: контроллер хранит текущее число в памяти и увеличивает его при обнаружении счётного события.

Параметр	Назначение
CU	Вход счётного импульса
PV	Заданное количество (например, 10)
CV	Текущее количество
Q	Сигнал достижения заданного значения

Итог: подсчёт импульсов можно реализовать разными способами — от микросхемы до PLC — в зависимости от требований системы.

Заключение

Триггеры и счётчики относятся к последовательностным логическим устройствам, работа которых зависит не только от текущих входных сигналов, но и от сохранённого состояния.

Триггеры позволяют запоминать один бит информации, а счётчики используются для подсчёта импульсов и событий.

Основными типами триггеров являются RS, D, JK и T. Счётчики могут быть суммирующими, вычитающими, реверсивными, синхронными и асинхронными.

В промышленной автоматизации триггеры применяются для запоминания команд и аварий, а счётчики — для подсчёта изделий, контроля циклов и выполнения технологических операций.

Контрольные вопросы

Что такое триггер?
Чем триггер отличается от обычного логического элемента?
Сколько устойчивых состояний имеет триггер?
Что обозначают выходы Q и $\overline{Q}$?
Для чего используются входы S и R?
Как работает RS-триггер?
Какую функцию выполняет D-триггер?
Чем JK-триггер отличается от RS-триггера?
Как работает T-триггер?
Где триггеры применяются в промышленной автоматике?

Что такое счётчик?
Как работает суммирующий счётчик?
Чем вычитающий счётчик отличается от суммирующего?
Для чего нужен реверсивный счётчик?
Чем отличаются синхронные и асинхронные счётчики?
Что такое разрядность счётчика?
Сколько состояний имеет четырёхразрядный двоичный счётчик?
Как триггеры используются при построении счётчиков?
Для чего применяется блок CTU в PLC?