

# **ЭЛЕКТРОНИКА**

## **Последовательностная логика**

# ТРИГГЕРЫ

(элементы памяти)

**ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ** зависят от комбинаций **ВХОДНЫХ** и значений **ВЫХОДНЫХ** сигналов в предшествующий момент времени.

# Триггеры (защелка)

Схема с **положительной обратной связью** и двумя **устойчивыми состояниями 0 и 1**.

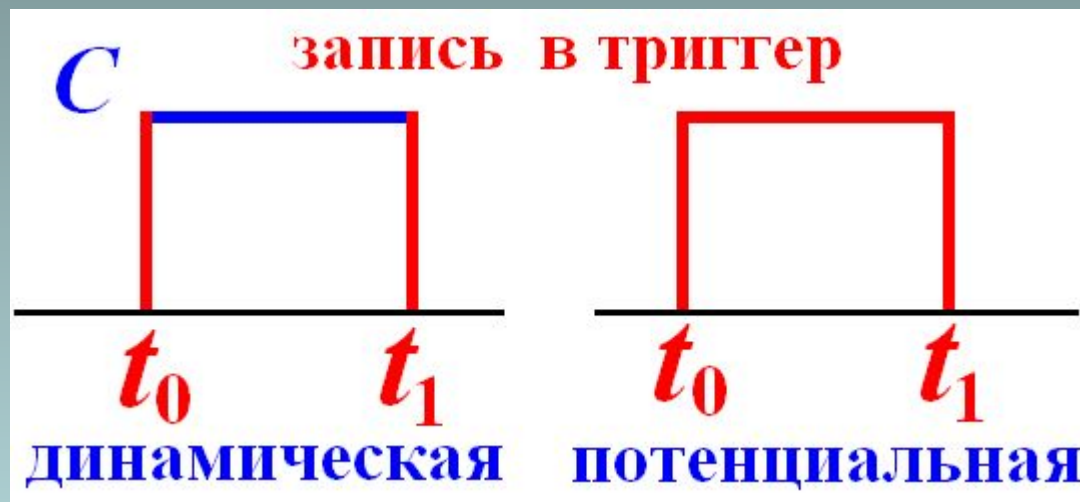
## Классификация триггеров

### Запись информации:

- Асинхронная - изменение состояния в момент поступления информации.
- Синхронная – считывание информации при наличии сигнала синхронизации.

### Способ управления:

- Статический (**1** или **0** тактового сигнала **C**);
- Динамический (по переднему или заднему фронту тактового сигнала **C**).

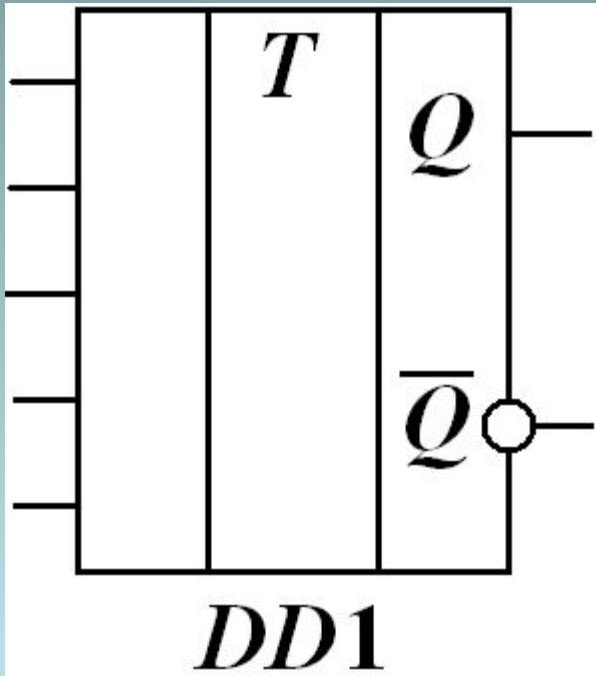


Динамическая запись: либо в момент  $t_0$ , либо  $t_1$ .

Статическая (потенциальная) запись:

на интервале  $t_1 - t_0$ .

Структура триггеров: однотоктные (содержит один триггер), и двухтактные (два триггера: информация записывается в первый, а затем переписывается во второй и появляется на выходе).



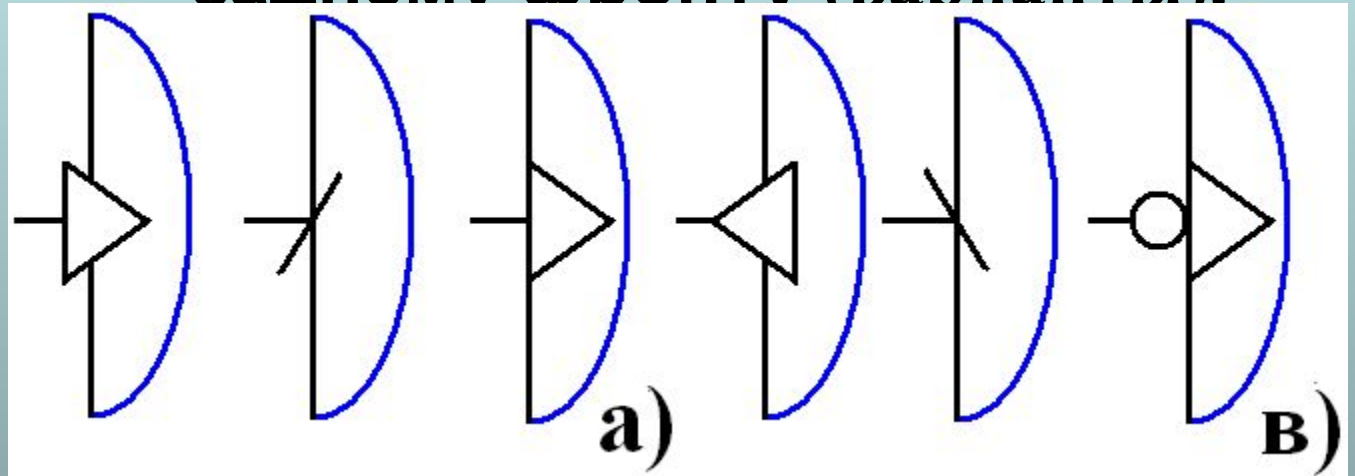
$Q$  – прямой выход.

$\bar{Q}$  – инверсный выход ( $Q'$ ).

## Обозначения динамических входов

**а**: переключение по переднему фронту; **в**: переключение по заднему фронту (варианты).

если  $Q = 1$ ,  
то  $Q' = 0$   
и наоборот.



# Асинхронный $RS$ - триггер

Имеет два входа:

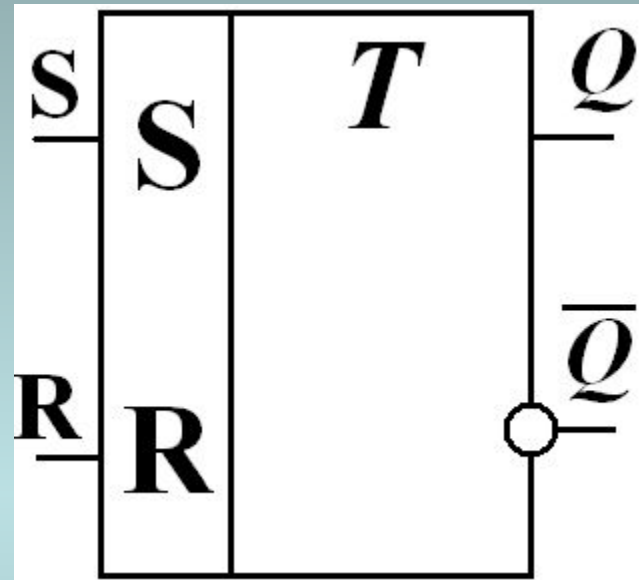
$S(et)$  – установка,

$R(eset)$  – сброс;

два выхода:

прямой –  $Q$ ,

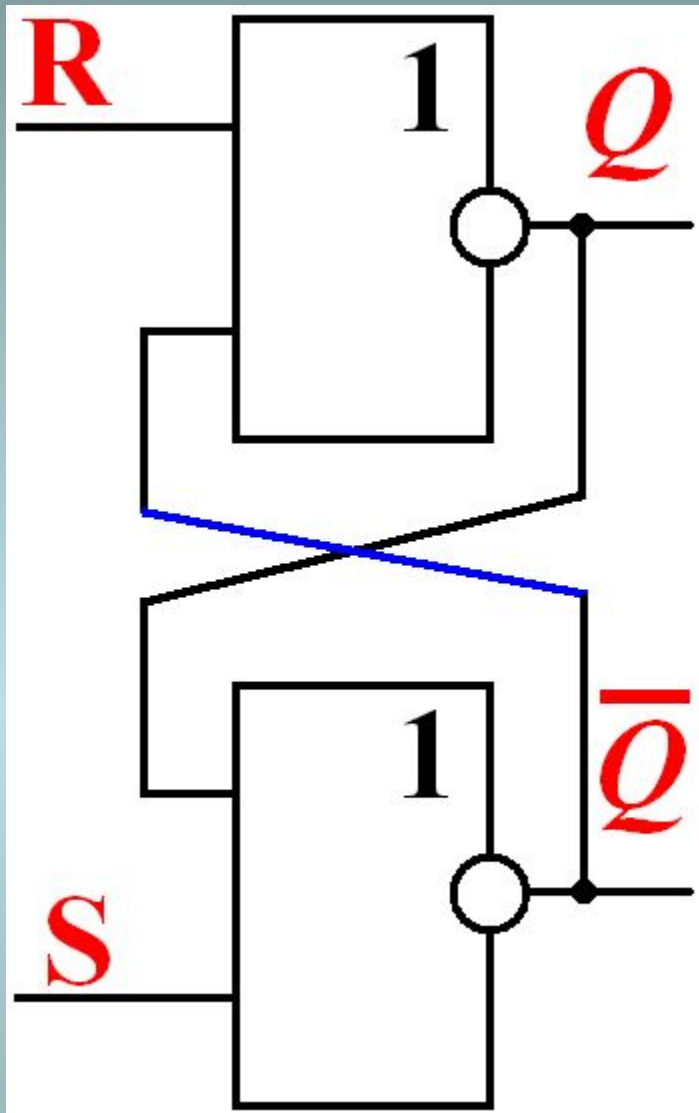
инверсный –  $\overline{Q}$ .



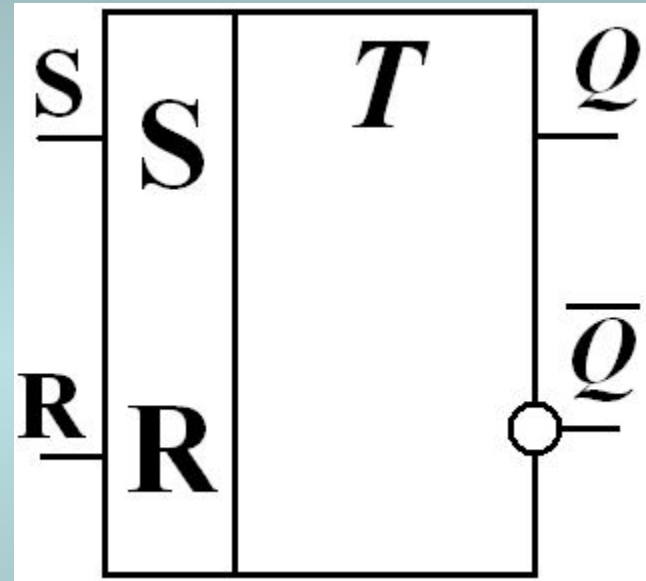
текущее состояние			последующее состояние		название режима
S	R	$Q_n$	$Q_{n+1}$	$\overline{Q_{n+1}}$	
0	0	Q	$Q_n$	$\overline{Q_n}$	<p>хранение</p> <p>установка в 1</p> <p>установка в 0</p> <p>неопределенное состояние</p>
1	0	X	1	0	
0	1	X	0	1	
1	1	X	—	—	

## Таблица истинности *RS* - триггера

**Неопределенное состояние:** значения на выходах триггера одинаковы и при переходе в режим «хранение» триггер может случайным образом установиться в 0 или 1.

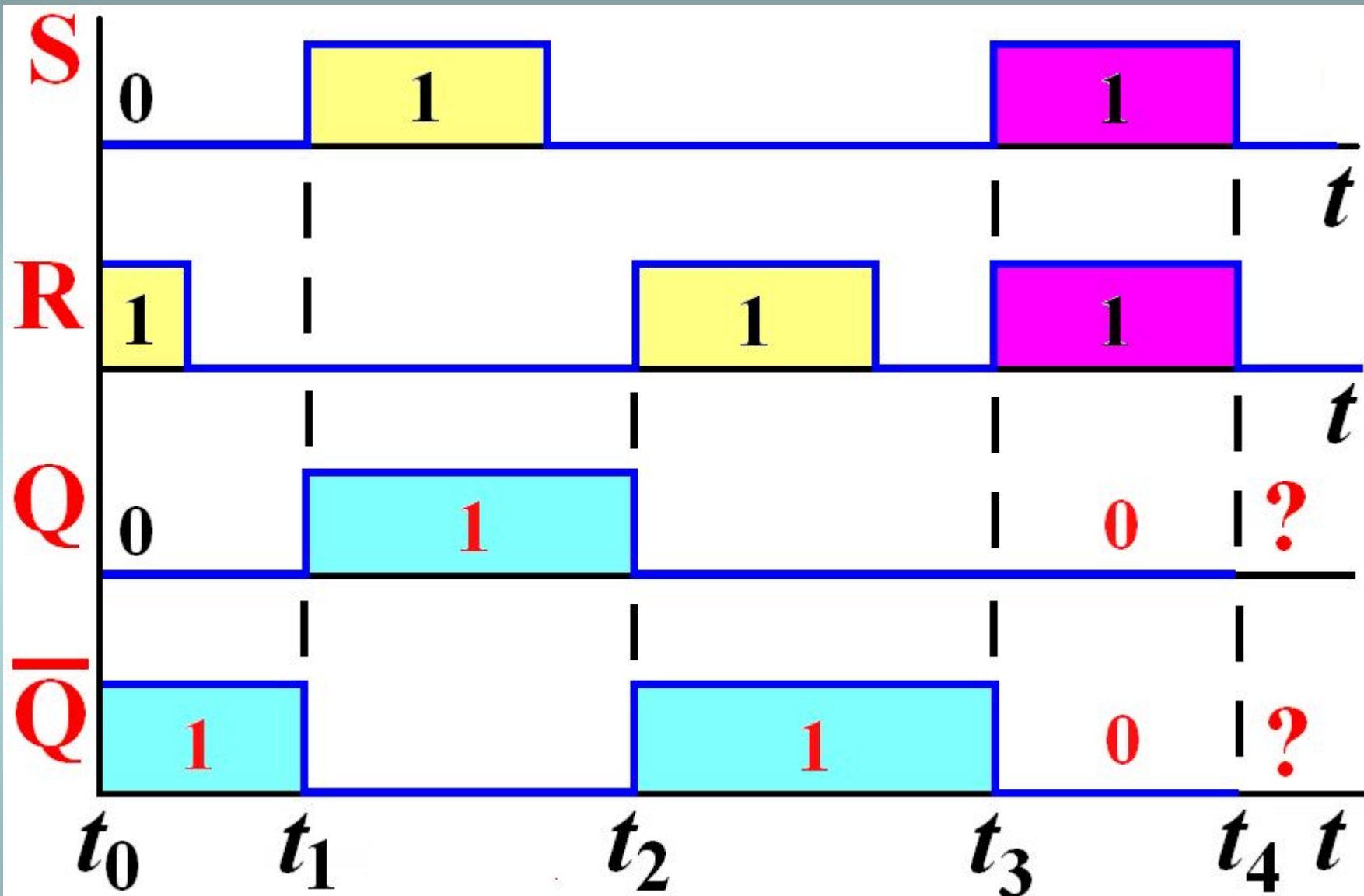


*RS* - триггер

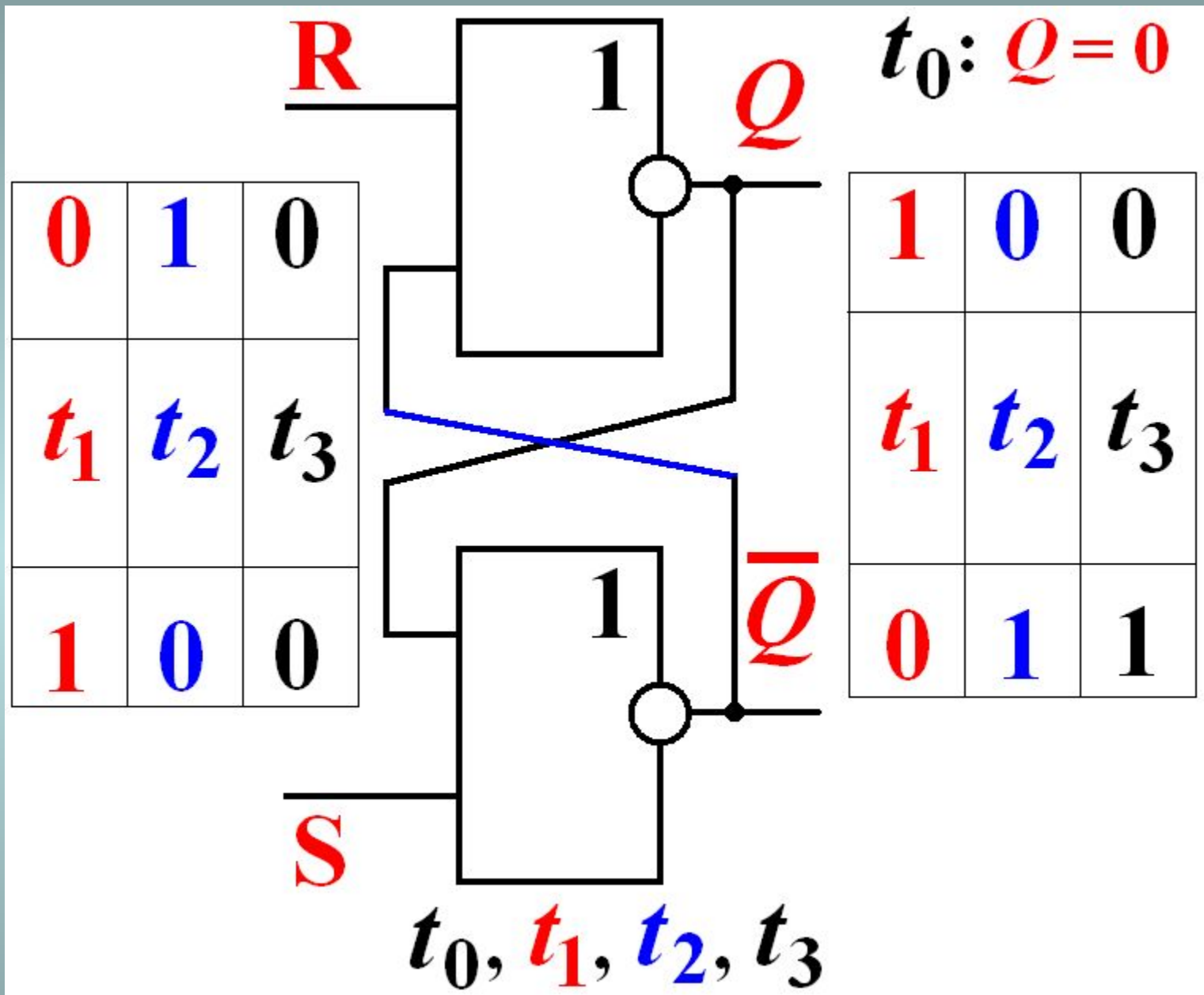


$$Q_{n+1} = R + \overline{S} + \overline{\overline{Q}_n} = \overline{R} \cdot (S + Q_n)$$

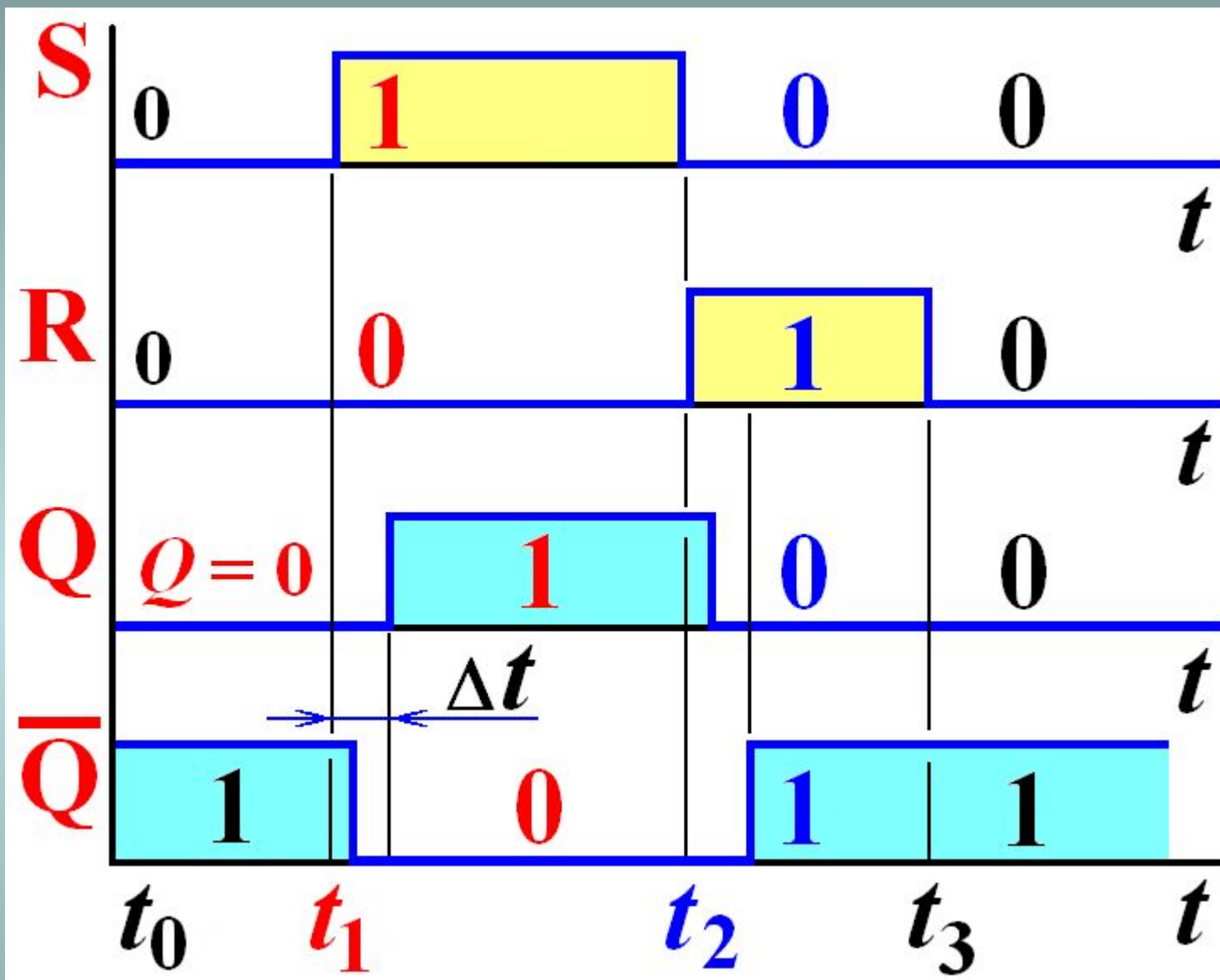




Временная диаграмма **RS** - триггера

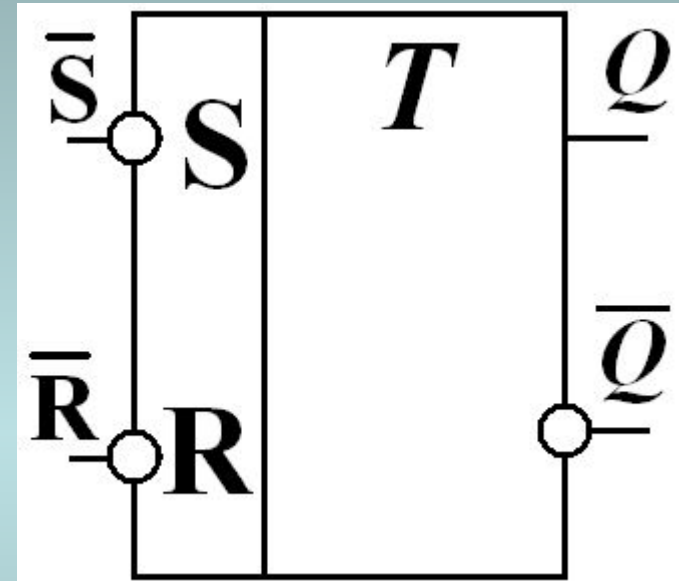
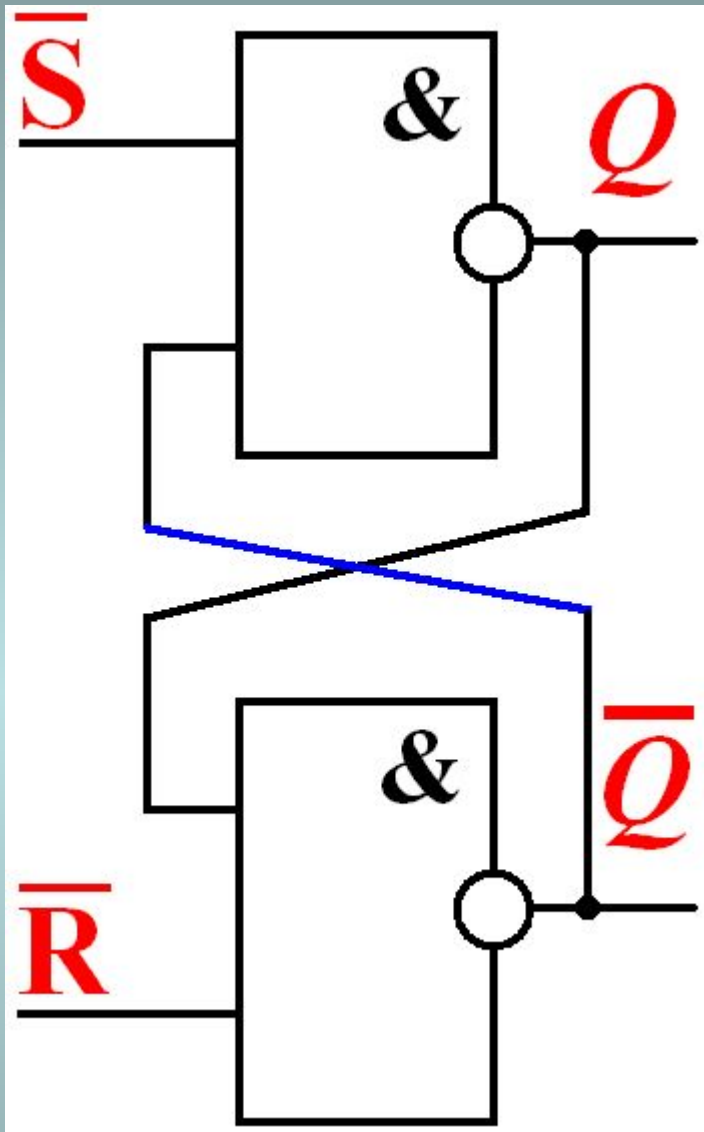


## Анализ работы триггера

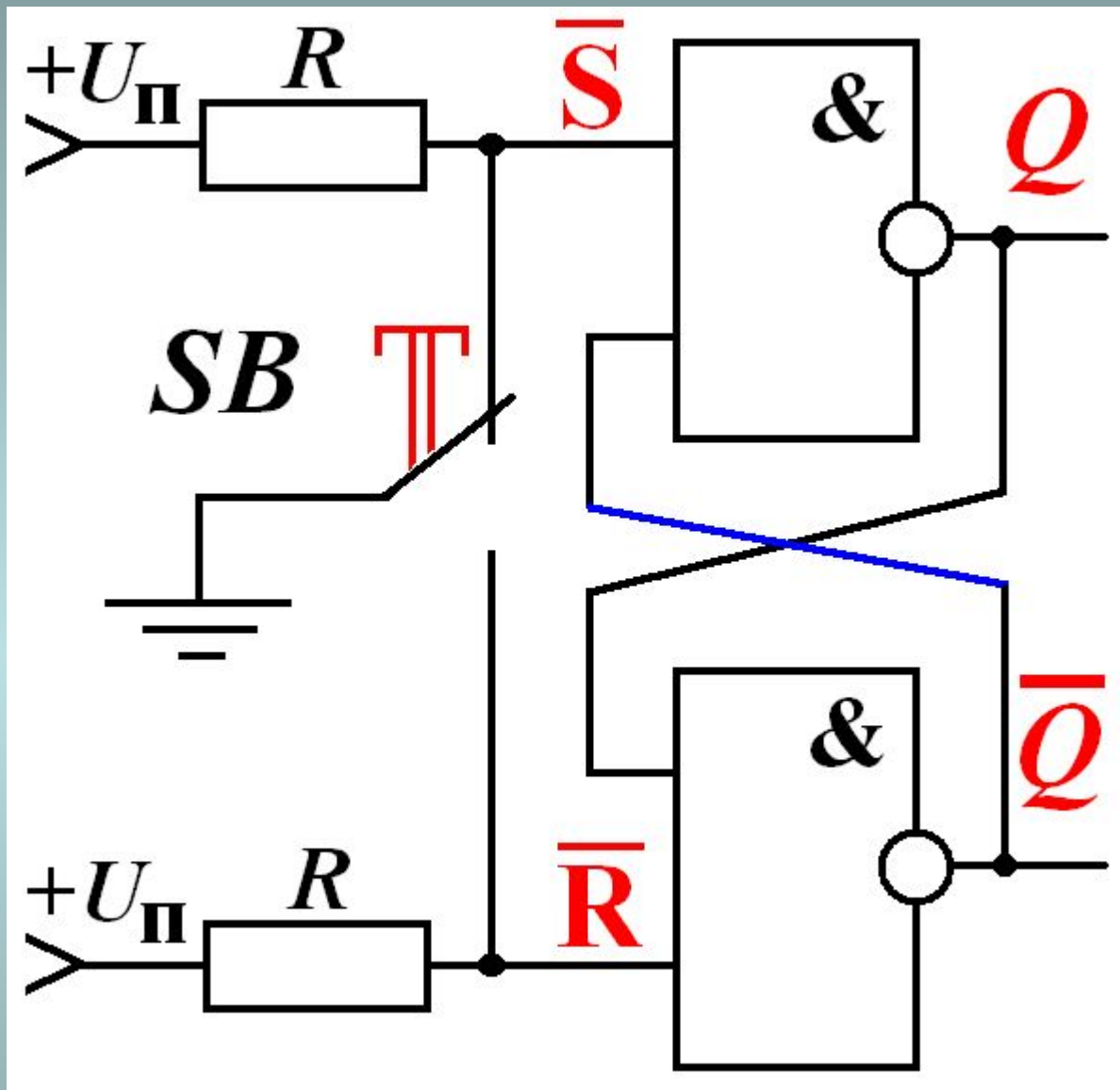


За интервал  $\Delta t$  на выходах установятся  
**НОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ**

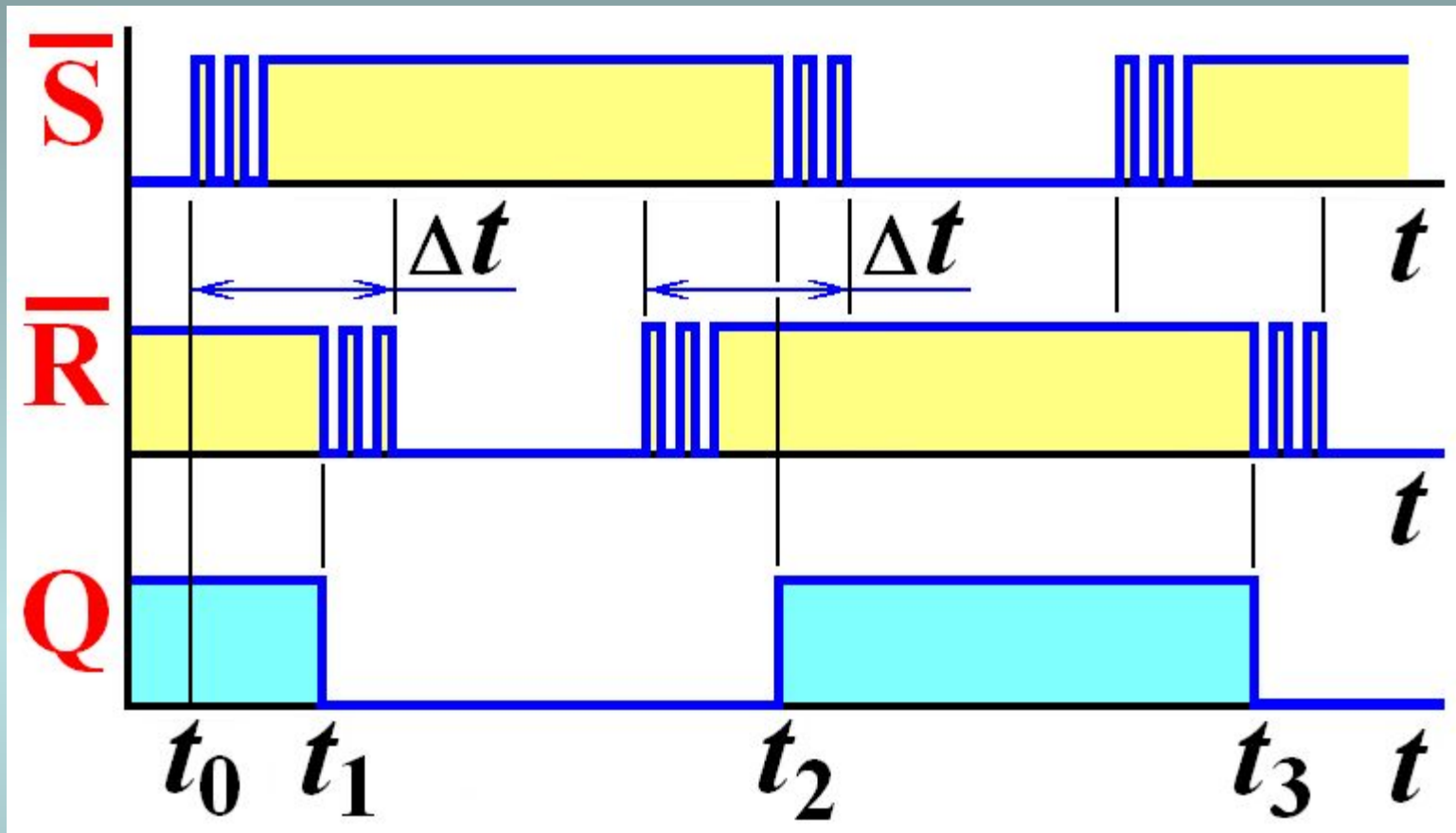
## *RS* - триггер



$$Q_{n+1} = S + \bar{R} \cdot Q_n = \overline{\bar{S} \cdot \bar{R} \cdot Q_n}$$



**$RS$  - триггер: схема подавления дребезга контактов клавиатуры.**



**$RS$  - триггер:** временная диаграмма  
подавления **дребезга** контактов  
клавиатуры

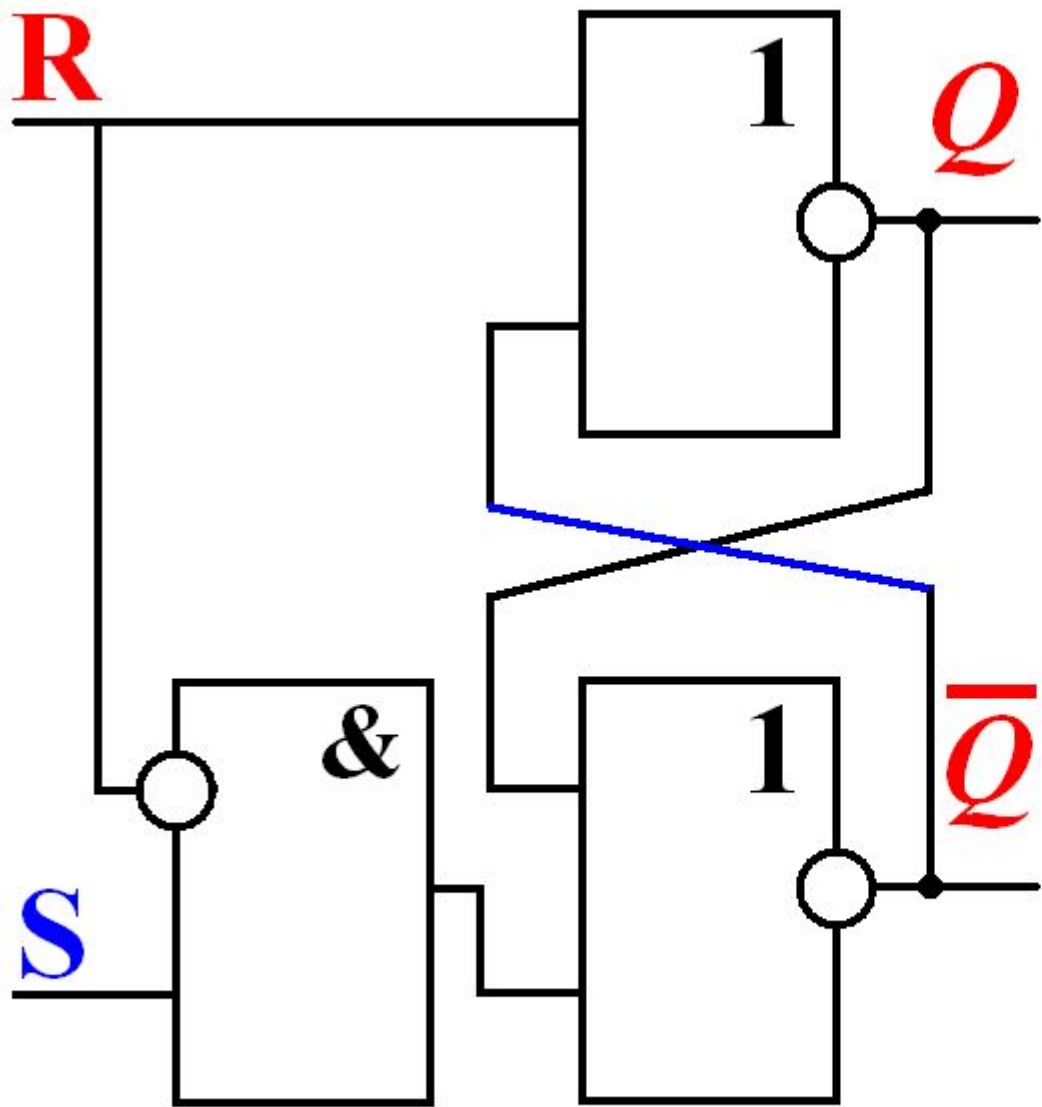
# Приоритетные триггеры

Одни входы имеют преимущество над другими в установлении сигналов на выходе

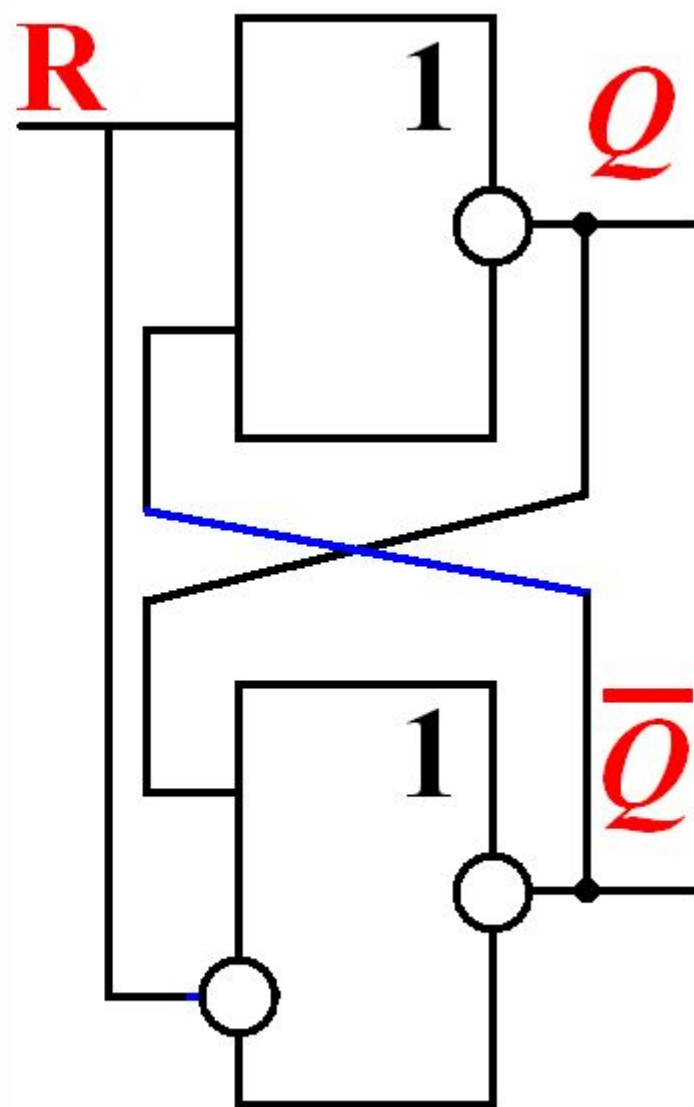
<i>R</i> -триггер		
<i>R</i>	<i>S</i>	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	1
1	0	0
1	1	0

<i>S</i> -триггер		
<i>R</i>	<i>S</i>	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	1
1	0	0
1	1	1

<i>E</i> -триггер		
<i>R</i>	<i>S</i>	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	1
1	0	0
1	1	$Q_n$

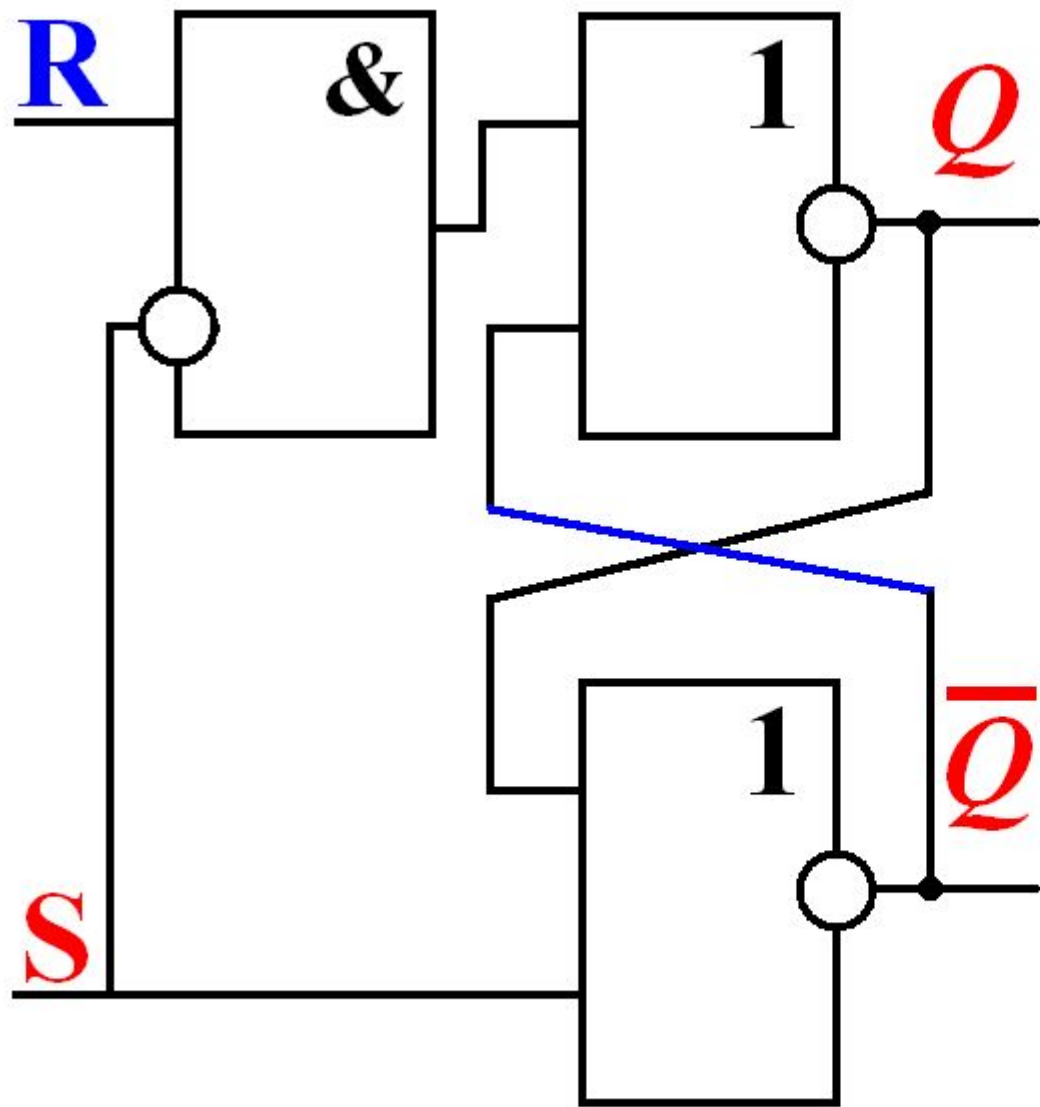


**R-триггер**

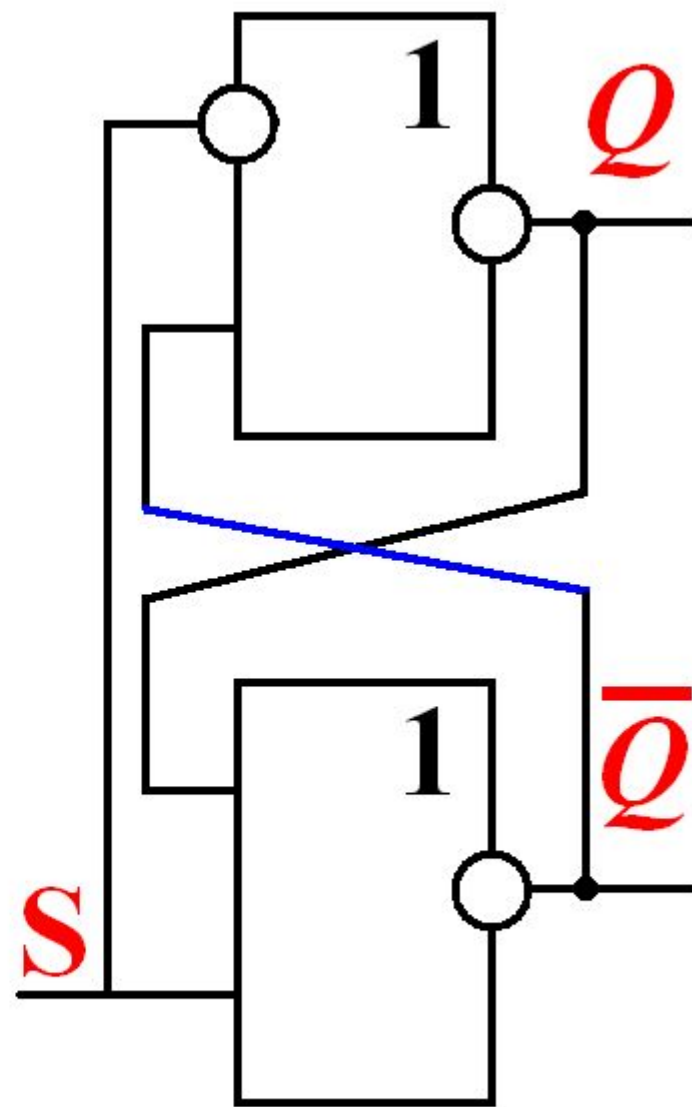


**R-триггер**



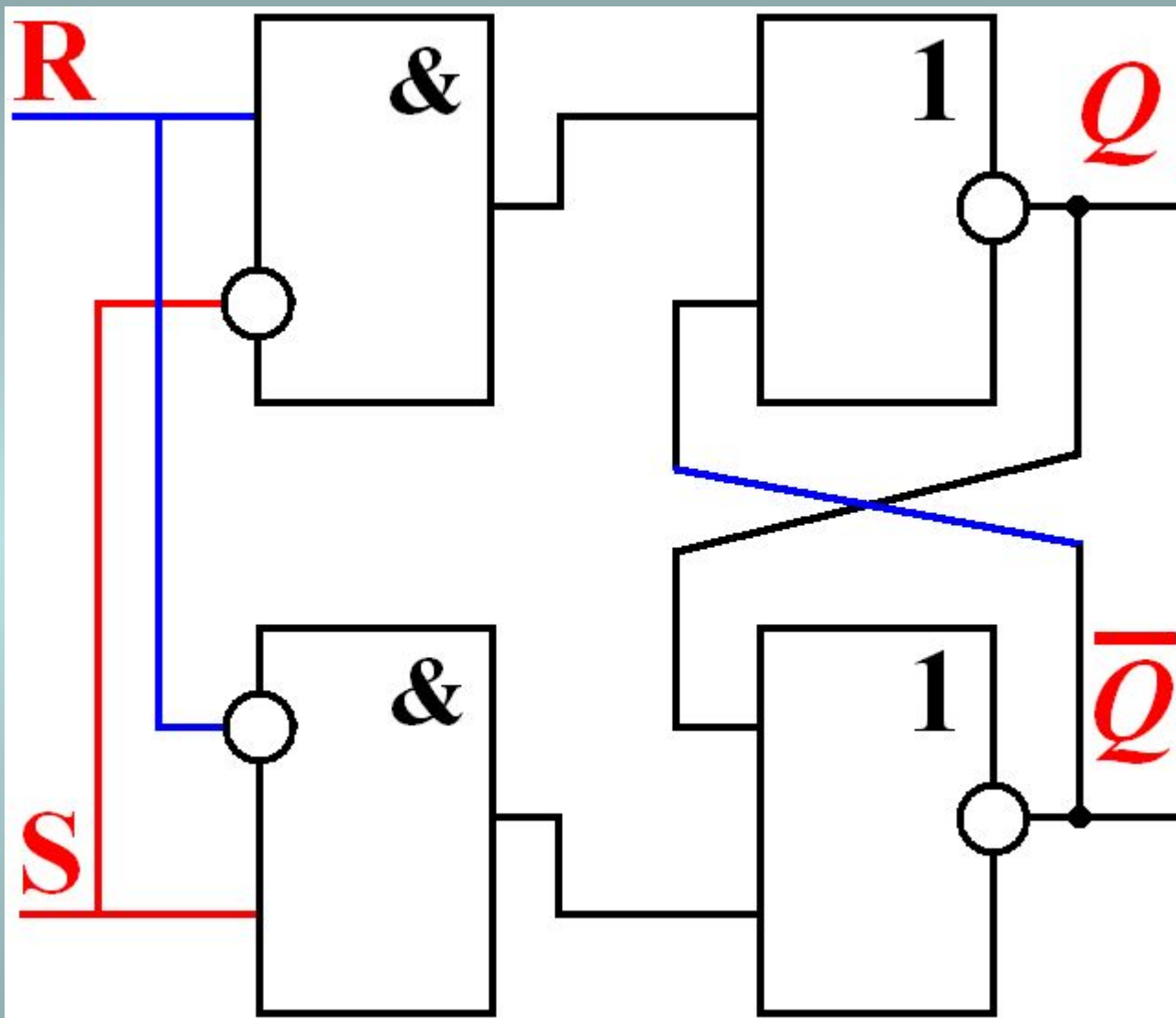


**S**-триггер

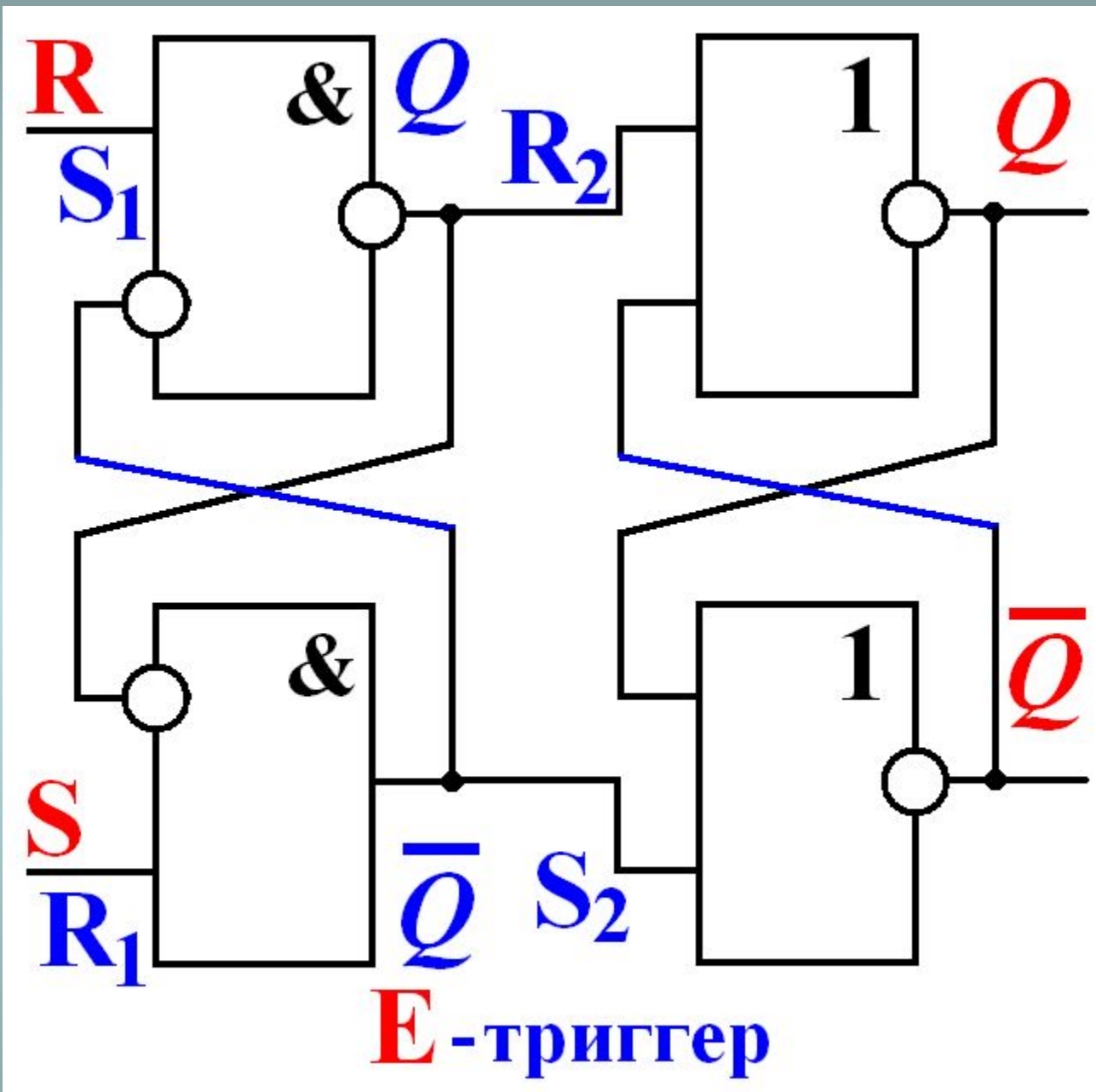


**S**-триггер

# **E** – триггер

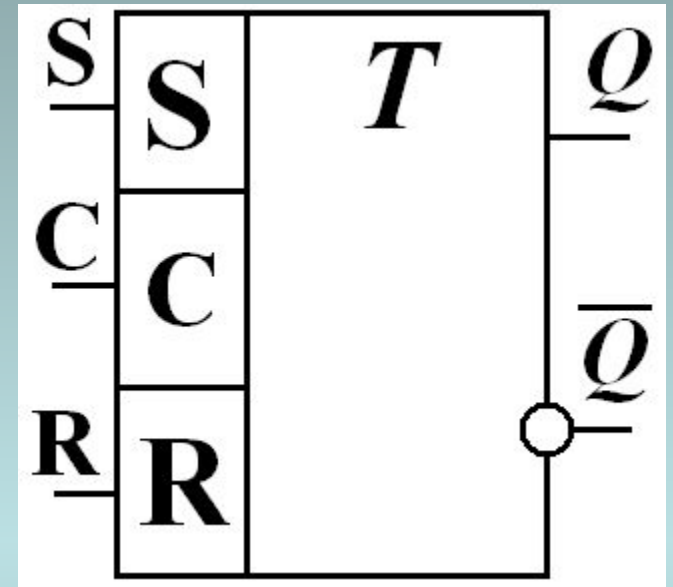
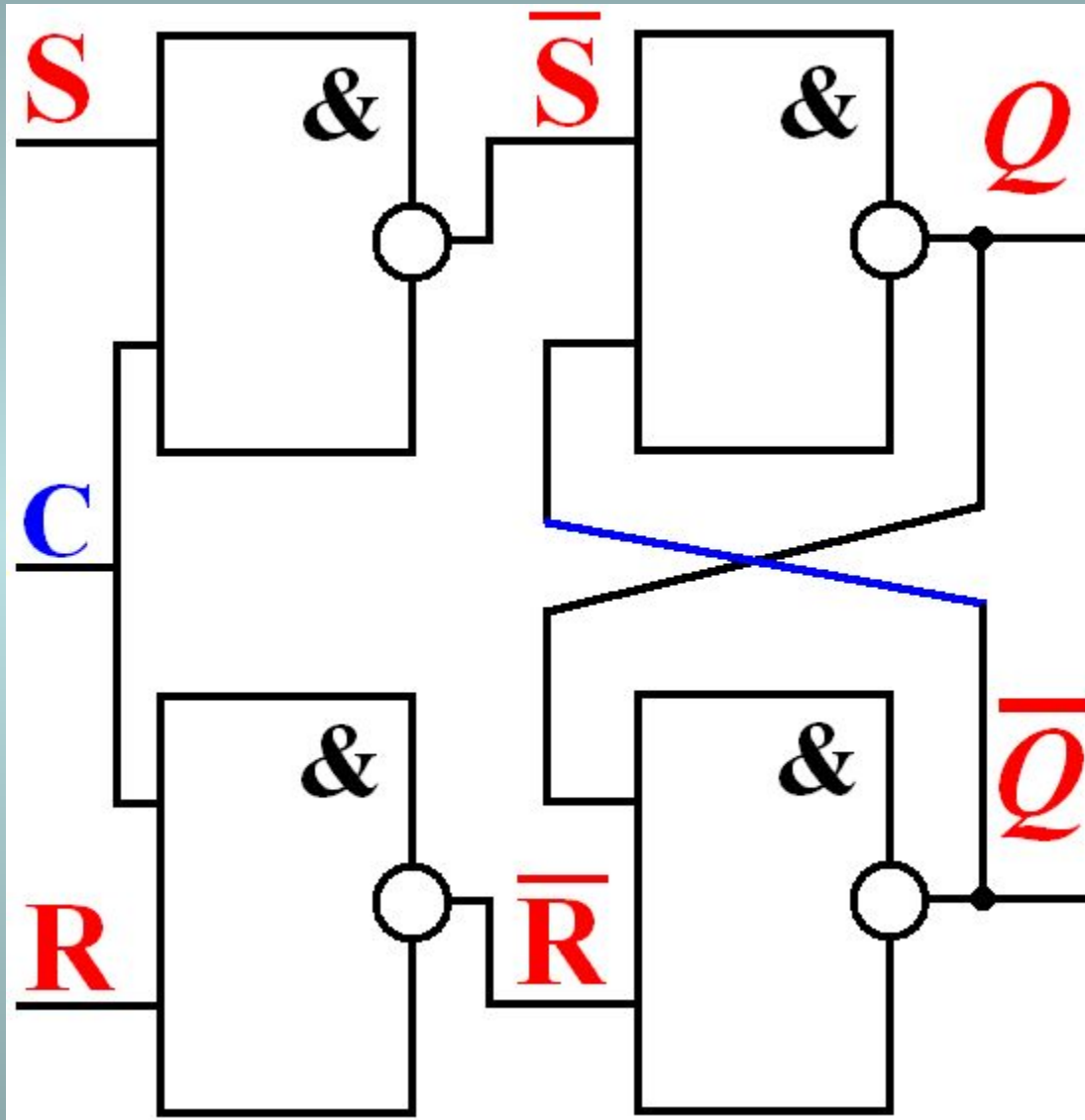


**E** (*nable*) - разрешить

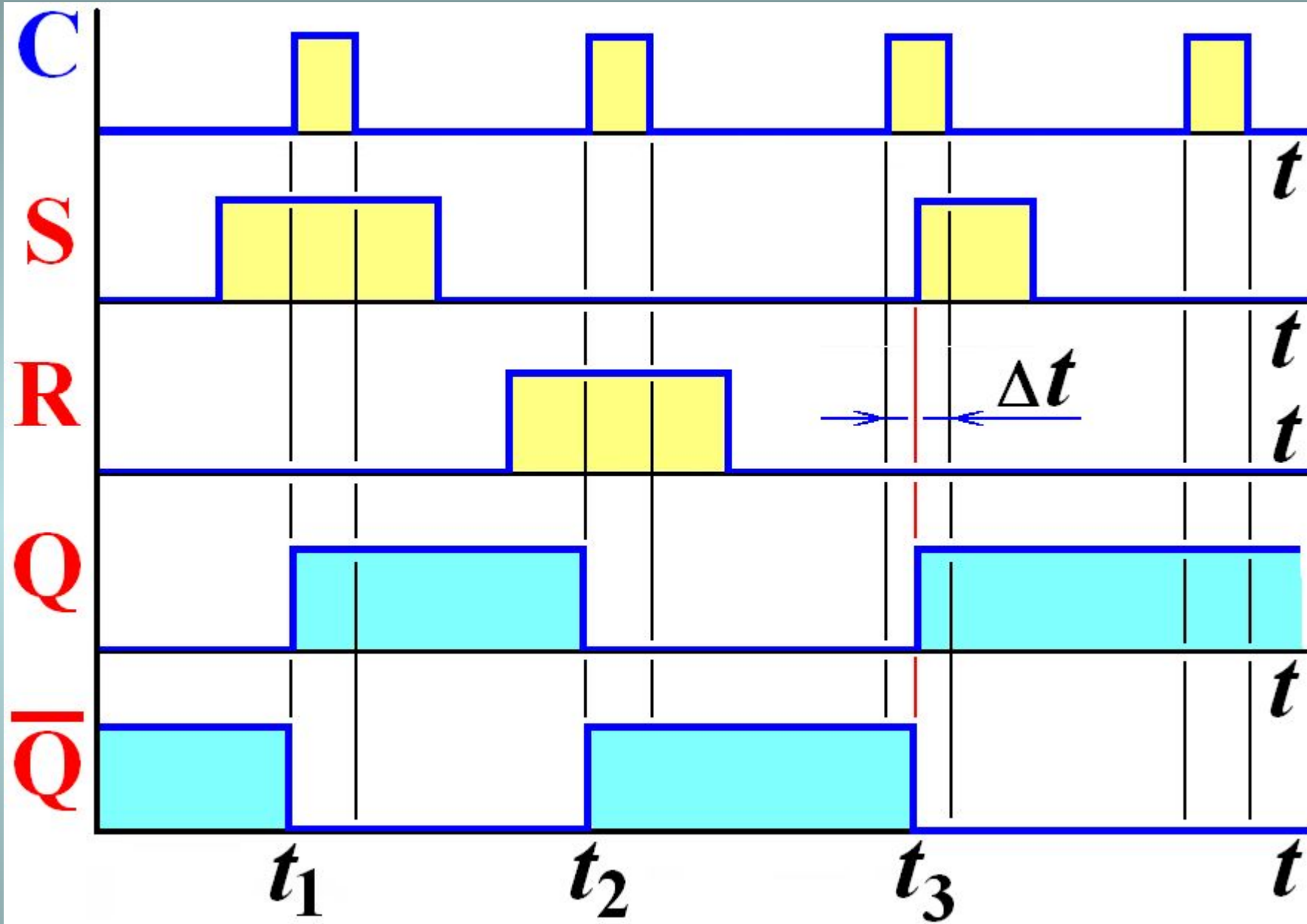


Примечание

# Синхронный статический $RS$ - триггер



$C(lock)$  – время,  
вход синхронизации



Временная диаграмма синхронного *RS* - триггера

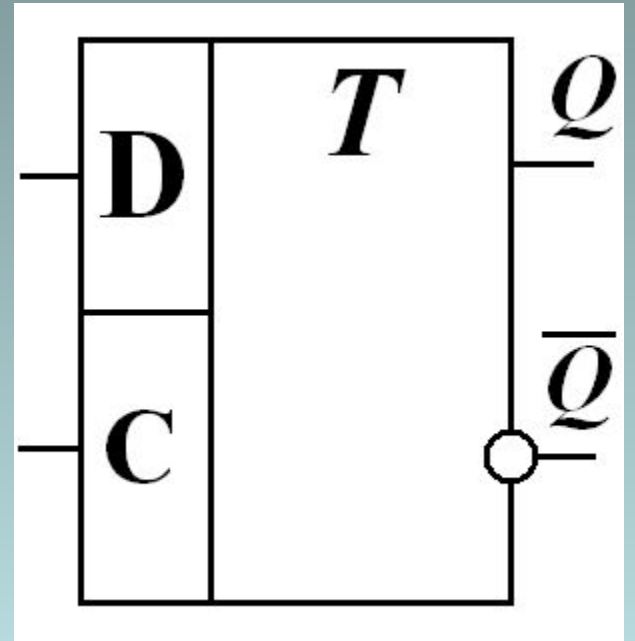
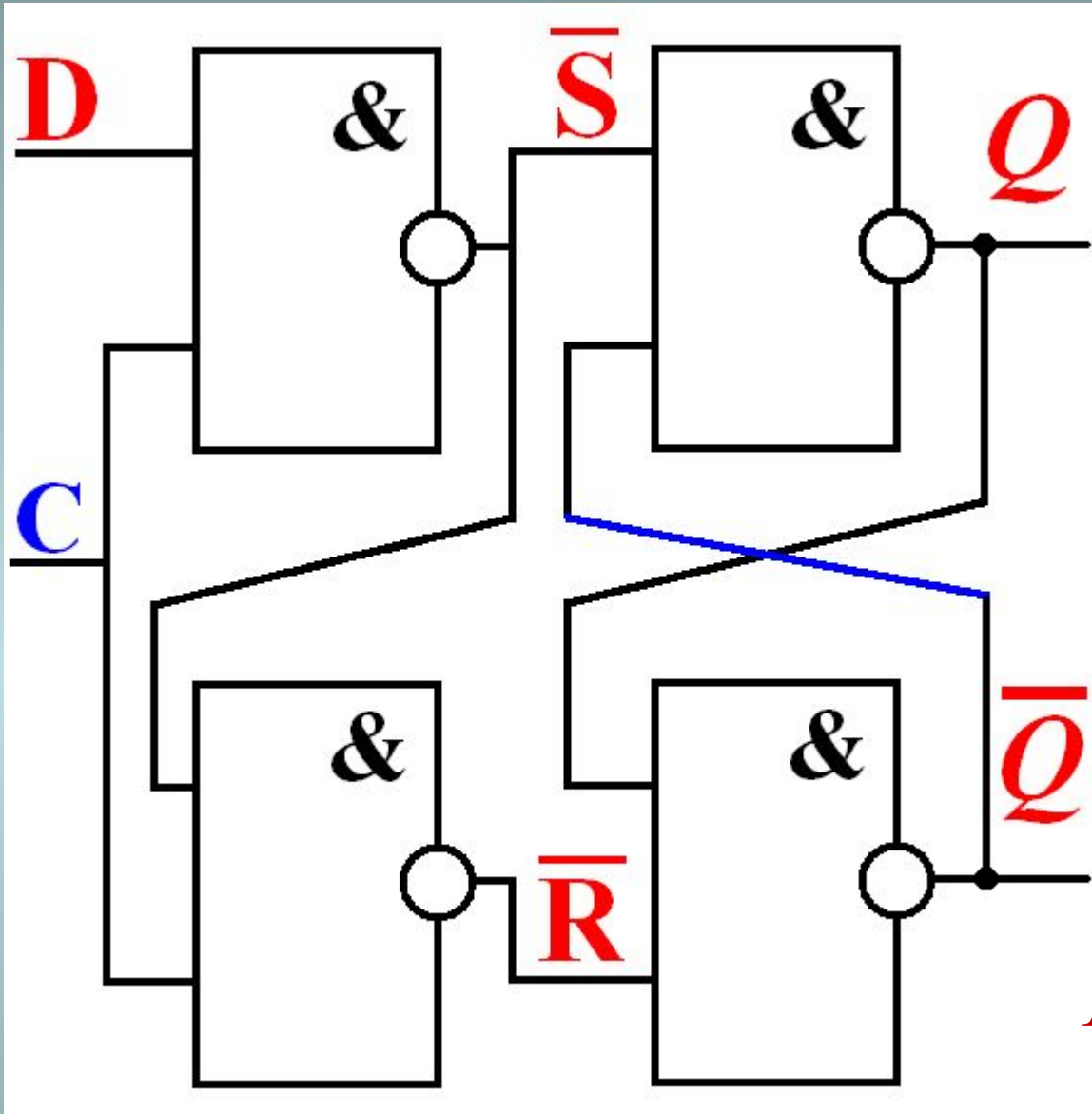
## ***D*** – триггер (ячейка памяти)

<b>C</b>	<b>D</b>	<b><math>Q_n</math></b>	<b><math>Q_{n+1}</math></b>	<b>название режима</b>
<b>0</b>	<b>×</b>	<b>Q</b>	<b><math>Q_n</math></b>	<b>хранение</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>×</b>	<b>0</b>	<b>установка в 0</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>×</b>	<b>1</b>	<b>установка в 1</b>

**C** – вход управления (тактовый вход);

**D** – информационный вход.

**Таблица истинности *D* - триггера**

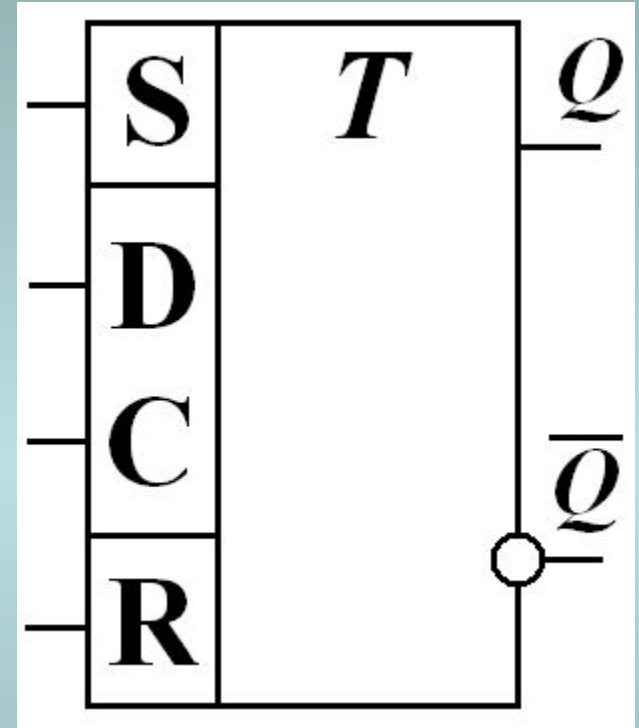


$D$  (*elay*) - задержка

Используются 2 и 3 строки  
таблицы истинности  $RS$  – триггера

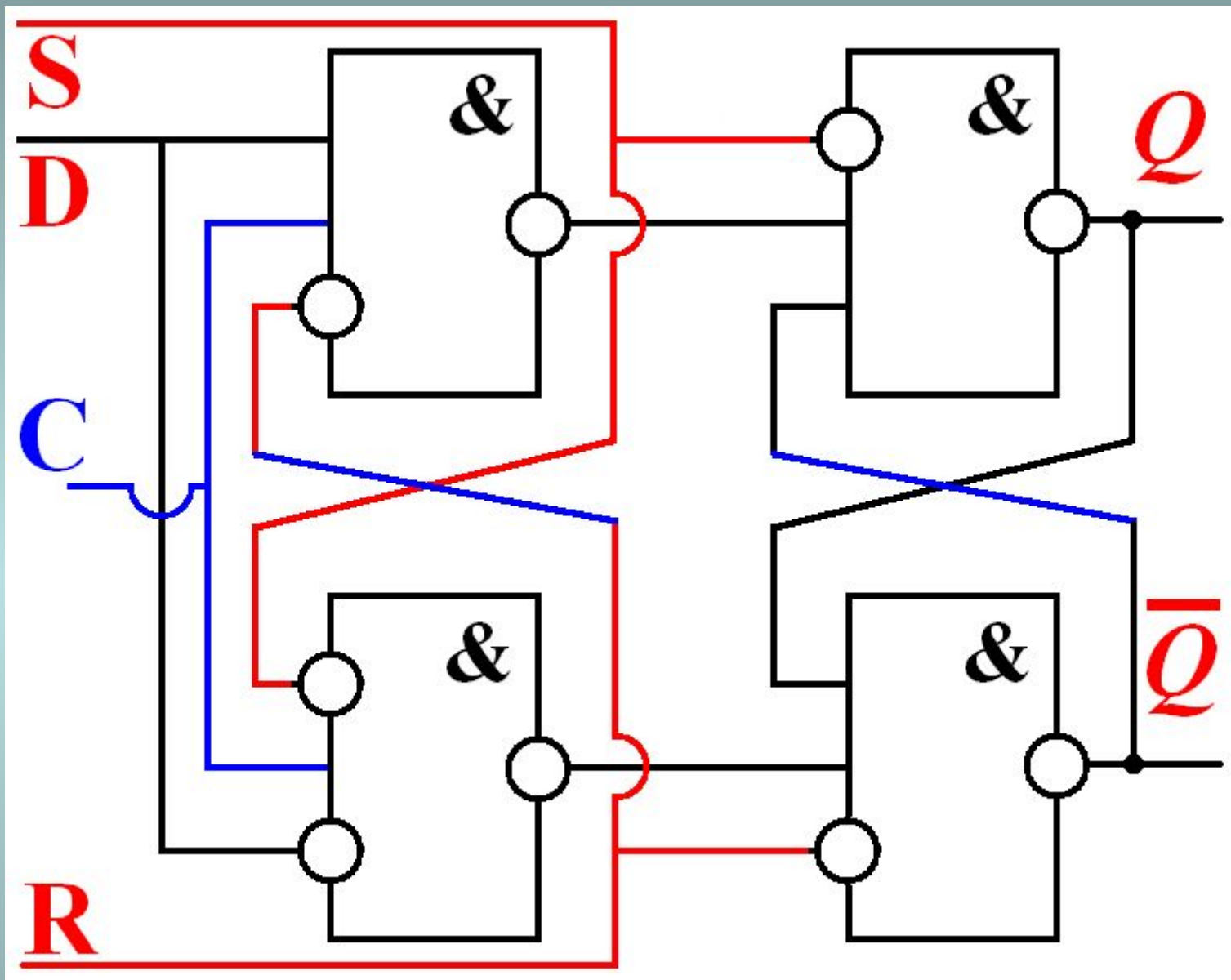
# *D* - триггер с асинхронным *RS* - триггером

*R*, *S* приоритетные  
асинхронные  
входы для установки  
и сброса.



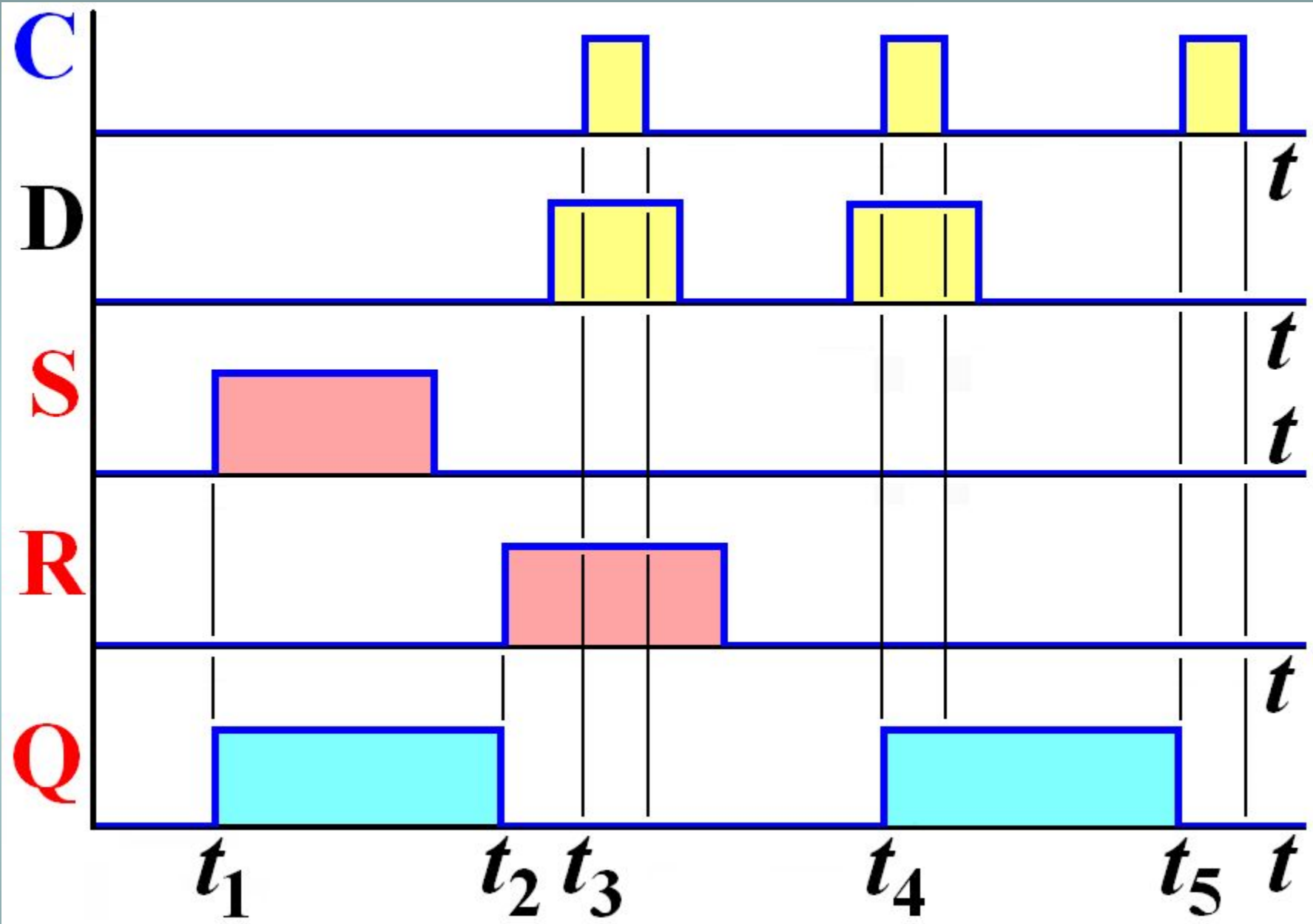
$$Q_{n+1} = S + \overline{R}(\overline{C} \cdot Q_n + C \cdot D)$$





***D*** - триггер

с асинхронным ***RS*** - триггером



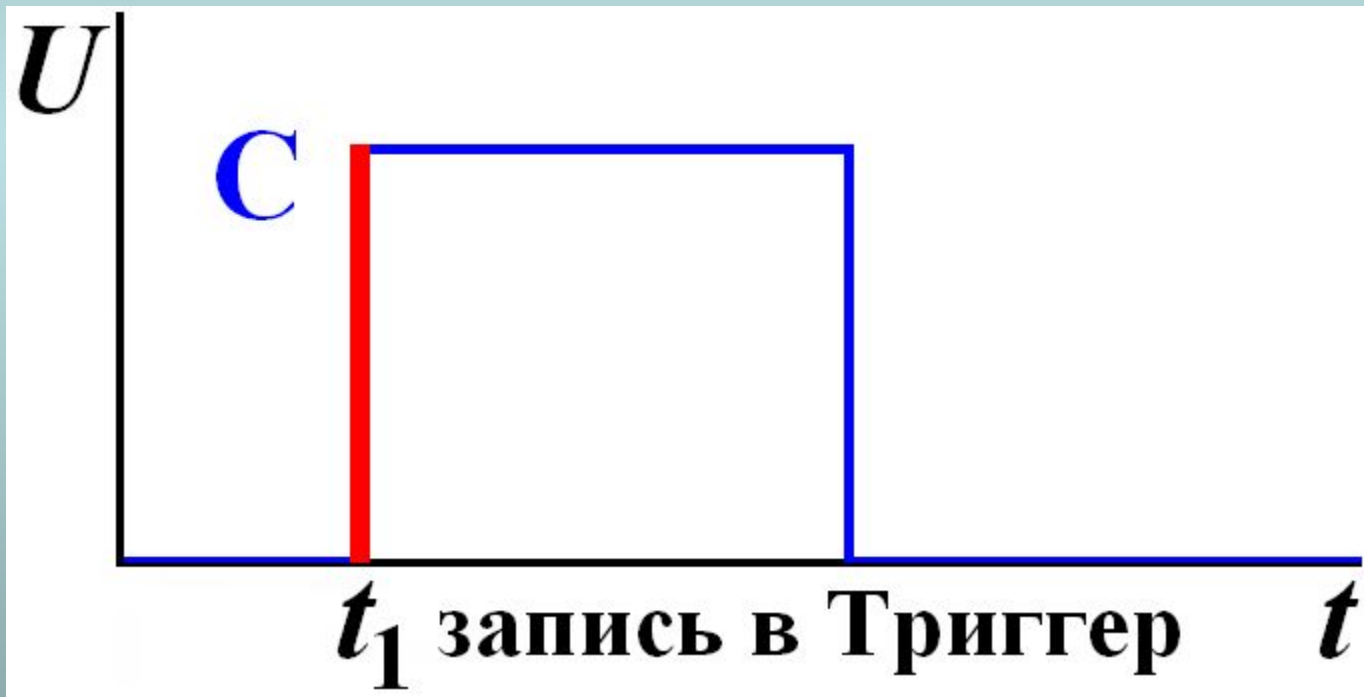
Временная диаграмма  $D$  - триггера с  $RS$  входами

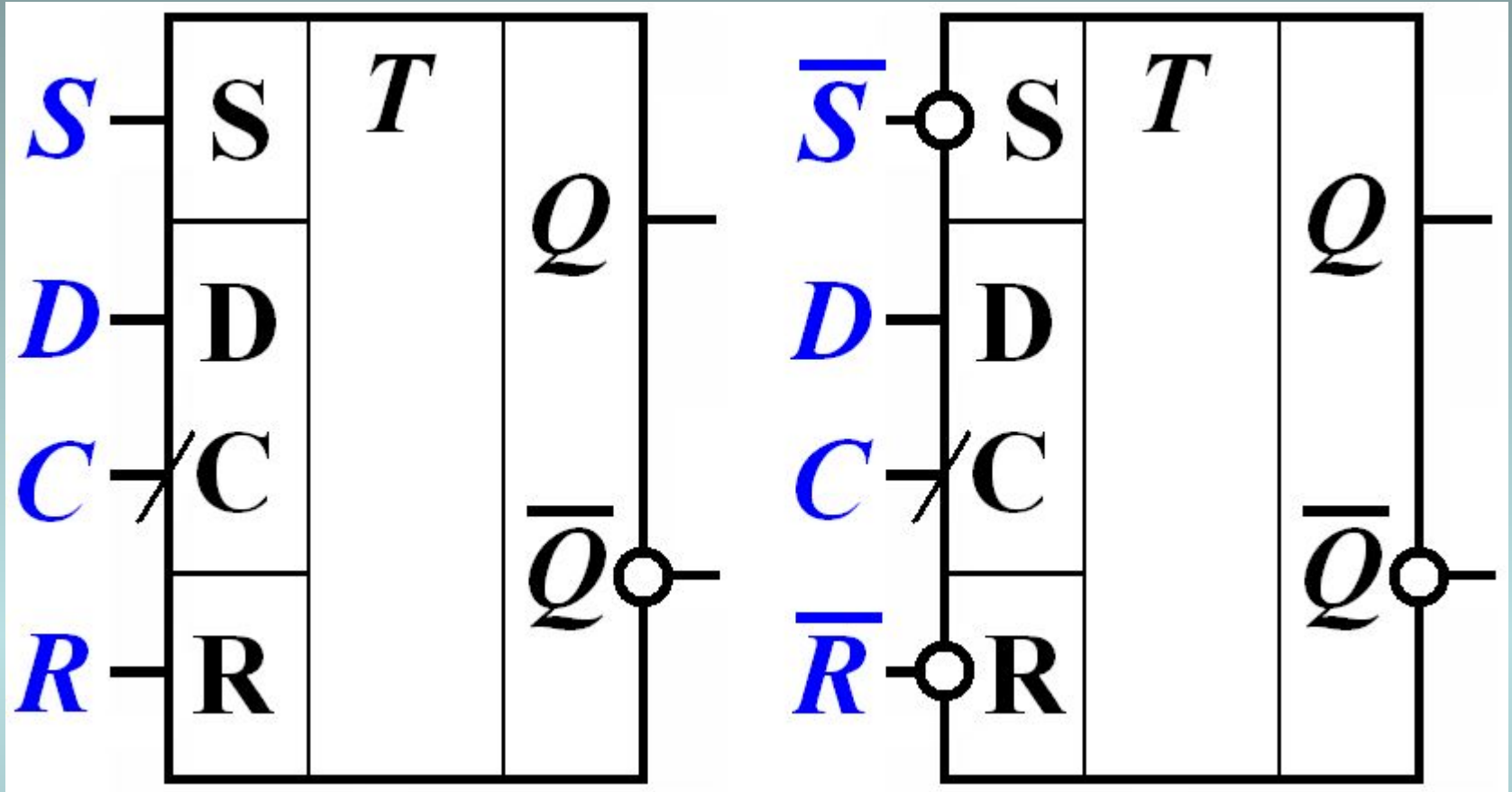
# *D* - триггер

с динамическим управлением

Запись в момент перехода сигнала

*C* из 0 в 1.



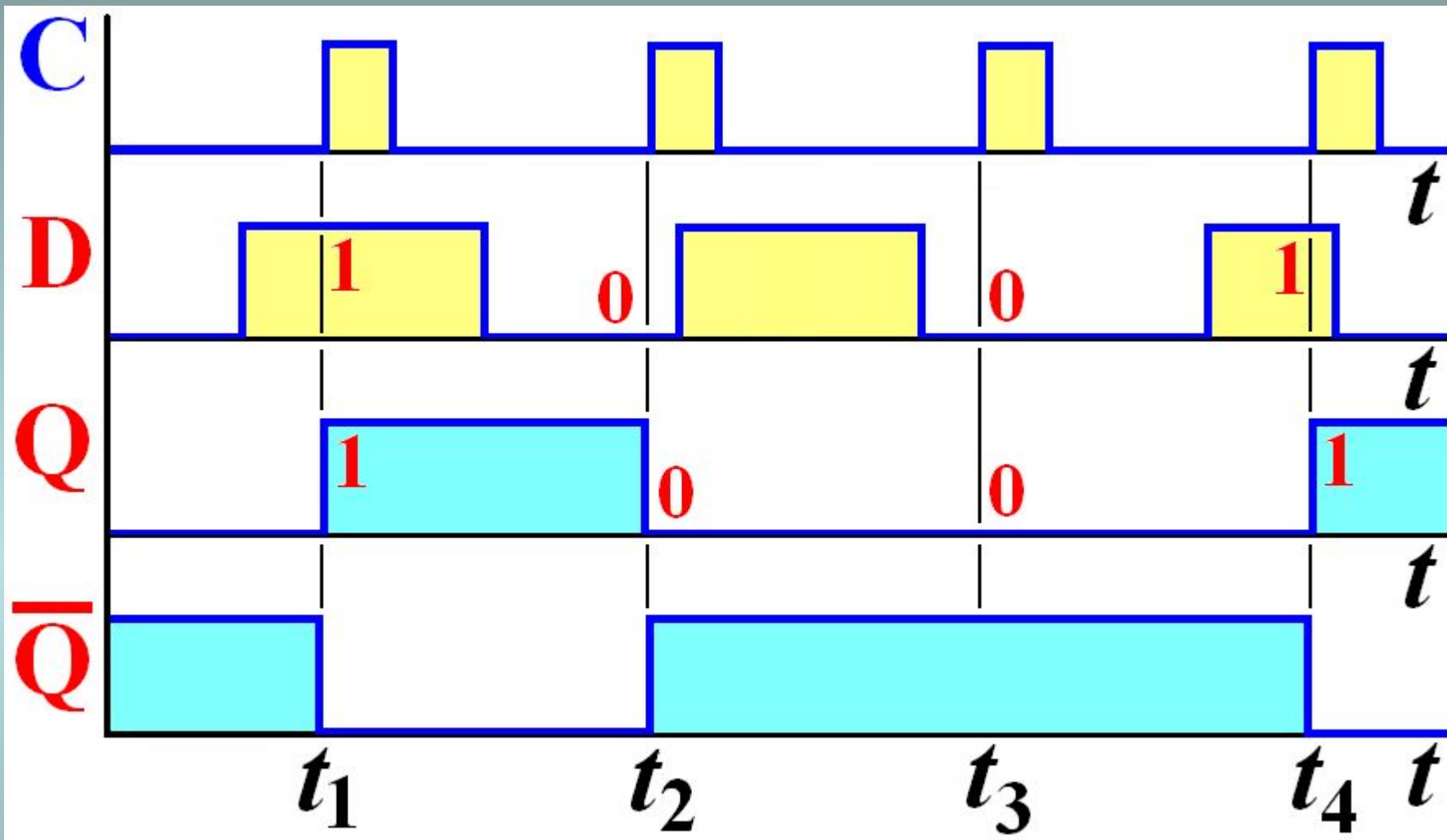


**$D$  - триггер**

Прямой динамический вход  $C$ ,  
 асинхронные  $R$ ,  $S$  входы прямые  
 и инверсные

текущее состояние				последующее	название режима
S	R	C	D $Q_n$	$Q_{n+1}$	
0	0	0, 1, $\neg$	$\times$ Q	$Q_n$	хранение
		$\neg$	0 $\times$	0	установка в 0
		$\neg$	1 $\times$	1	установка в 1
0	1	$\times$	$\times$ $\times$	0	установка в 0
1	0	$\times$	$\times$ $\times$	1	установка в 1
1	1	$\times$	$\times$ $\times$	—	неопределенное состояние

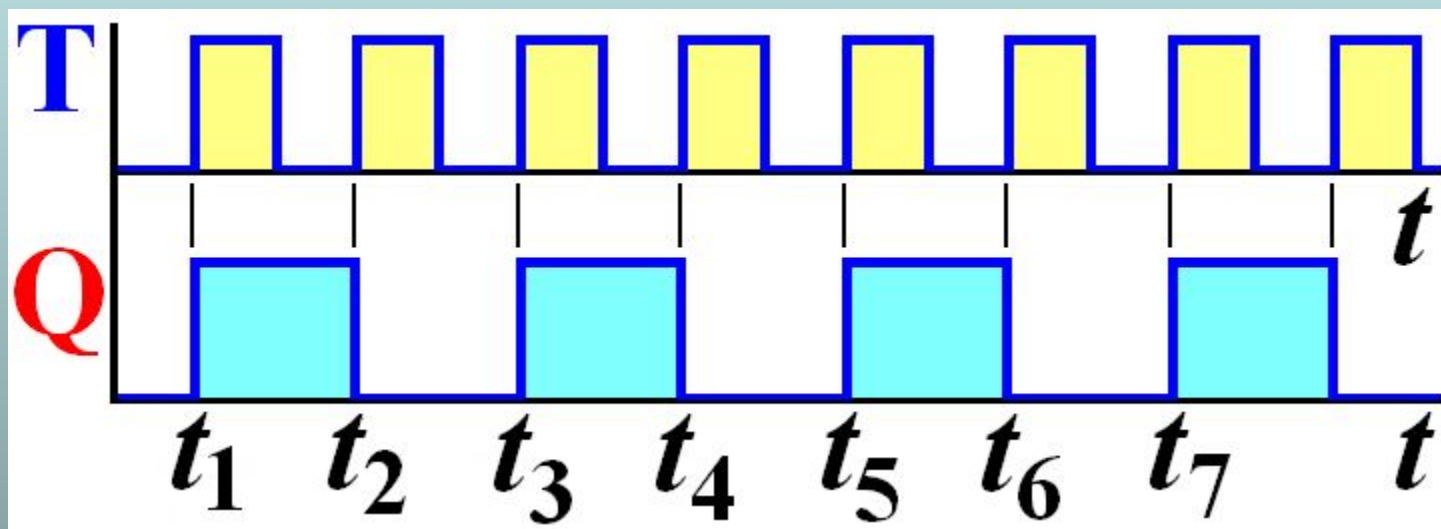
Таблица истинности  $D$  - триггера

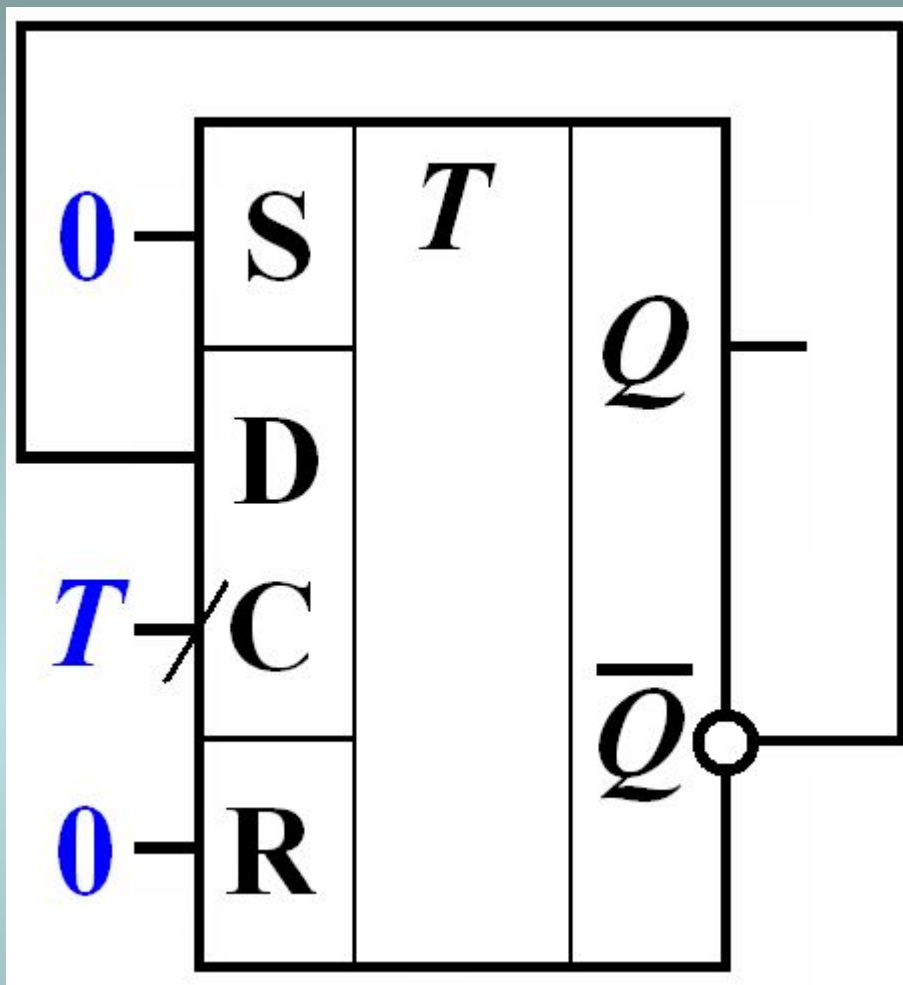


Временная диаграмма **D** - триггера  
с динамическим **C** входом

## ***T*** – триггер

- триггер делит частоту входных импульсов на два (счетный триггер);
- с приходом четного импульса выходной сигнал равен **0**, а с приходом нечетного - **1**, т.е. триггер является счетчиком.





*T* (*oggles*) -  
переключить

*T* - триггер на *D* - триггере  
с динамическим управлением



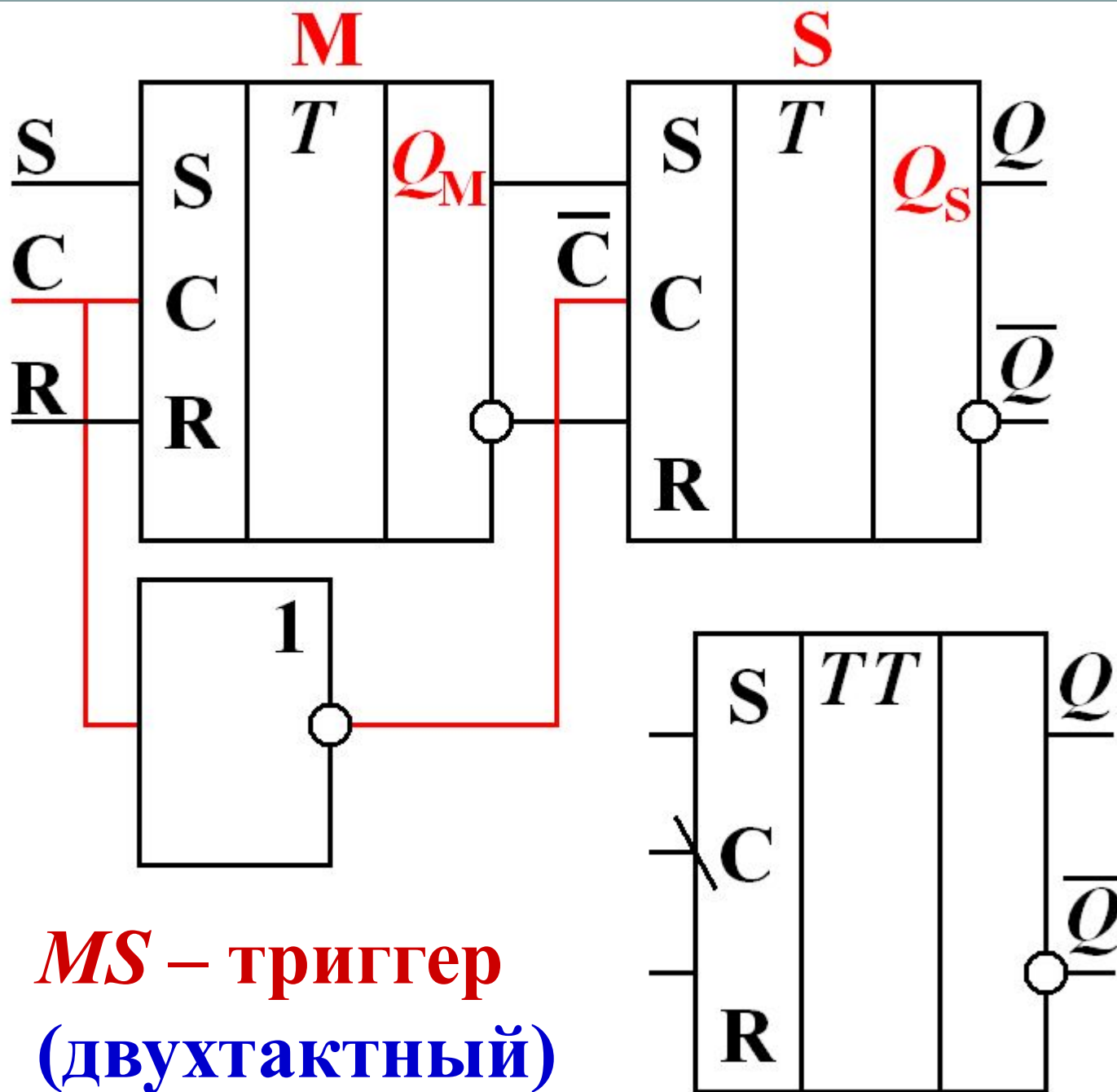
# Двухтактные триггеры *MS* (*master-slave*)

Содержат два триггера для одновременной записи новой информации и считывания старой.

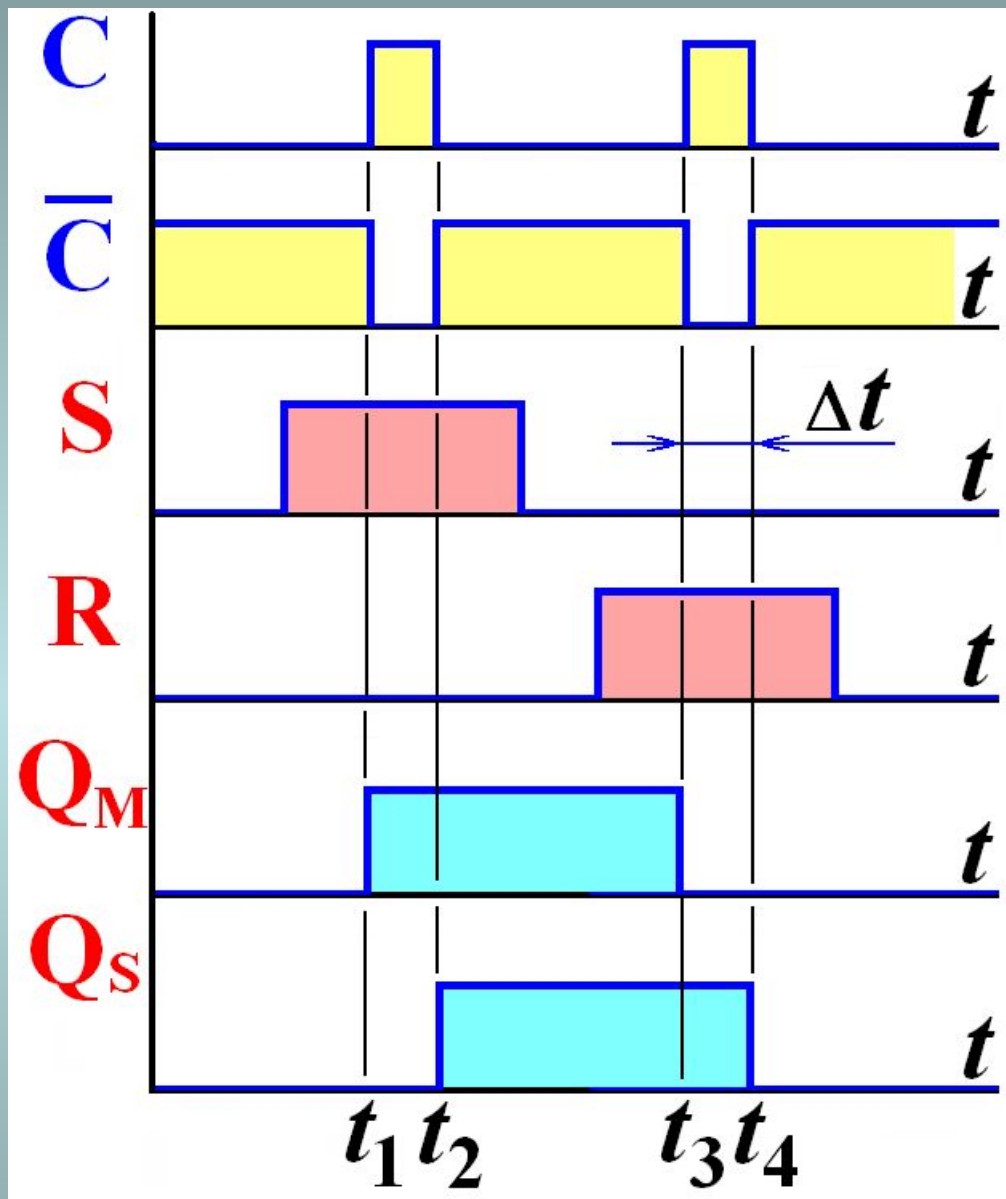
По переднему фронту синхроимпульса *C* первая ступень «*M*» принимает новую входную информацию, на выходе второй ступени «*S*» в это же время старая информация.

После окончания синхроимпульса *C* информация из первой ступени переписывается во вторую ступень (это уже старая информация, ступень «*M*» готова к приему новой информации).

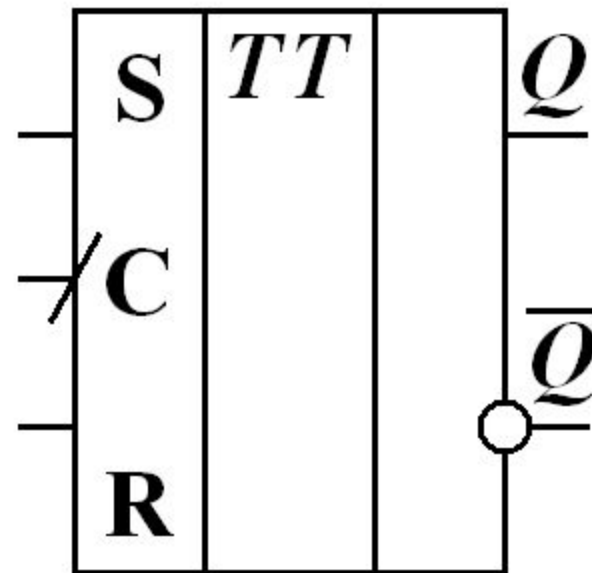
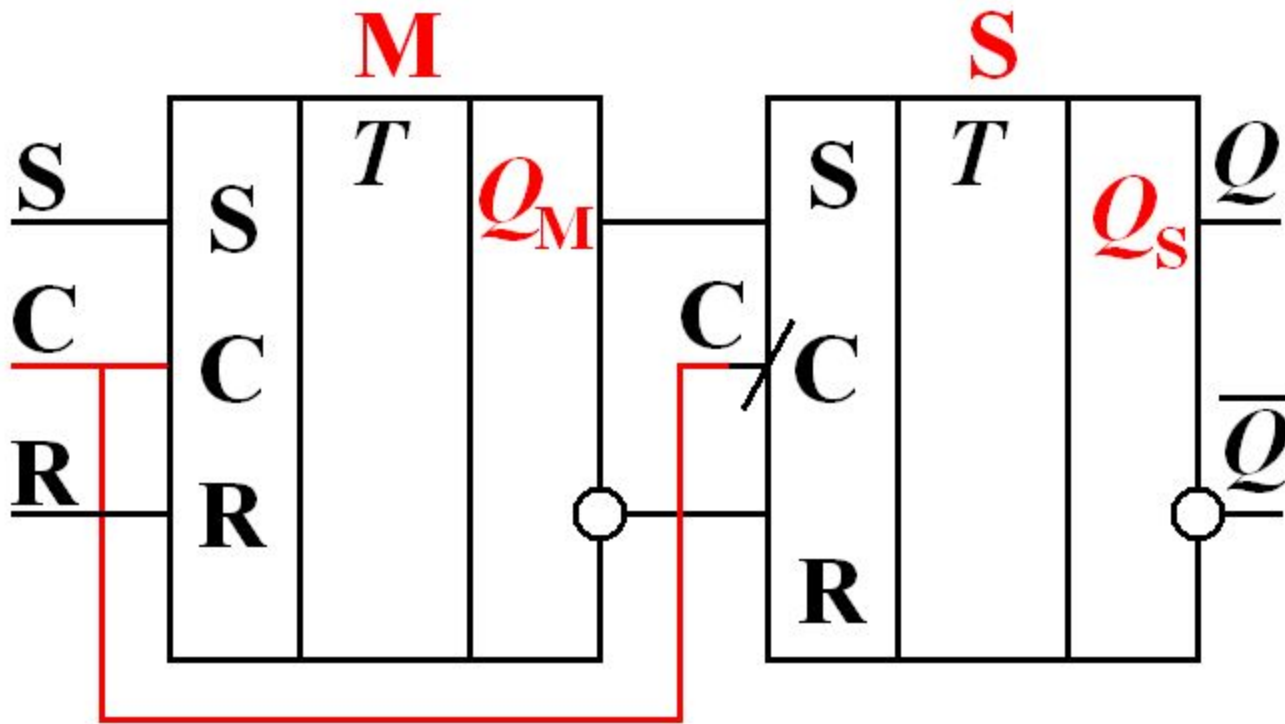
Триггеры используются в последовательных регистрах, для приема и передачи последовательных кодов (по одному биту за каждый тактовый сигнал).



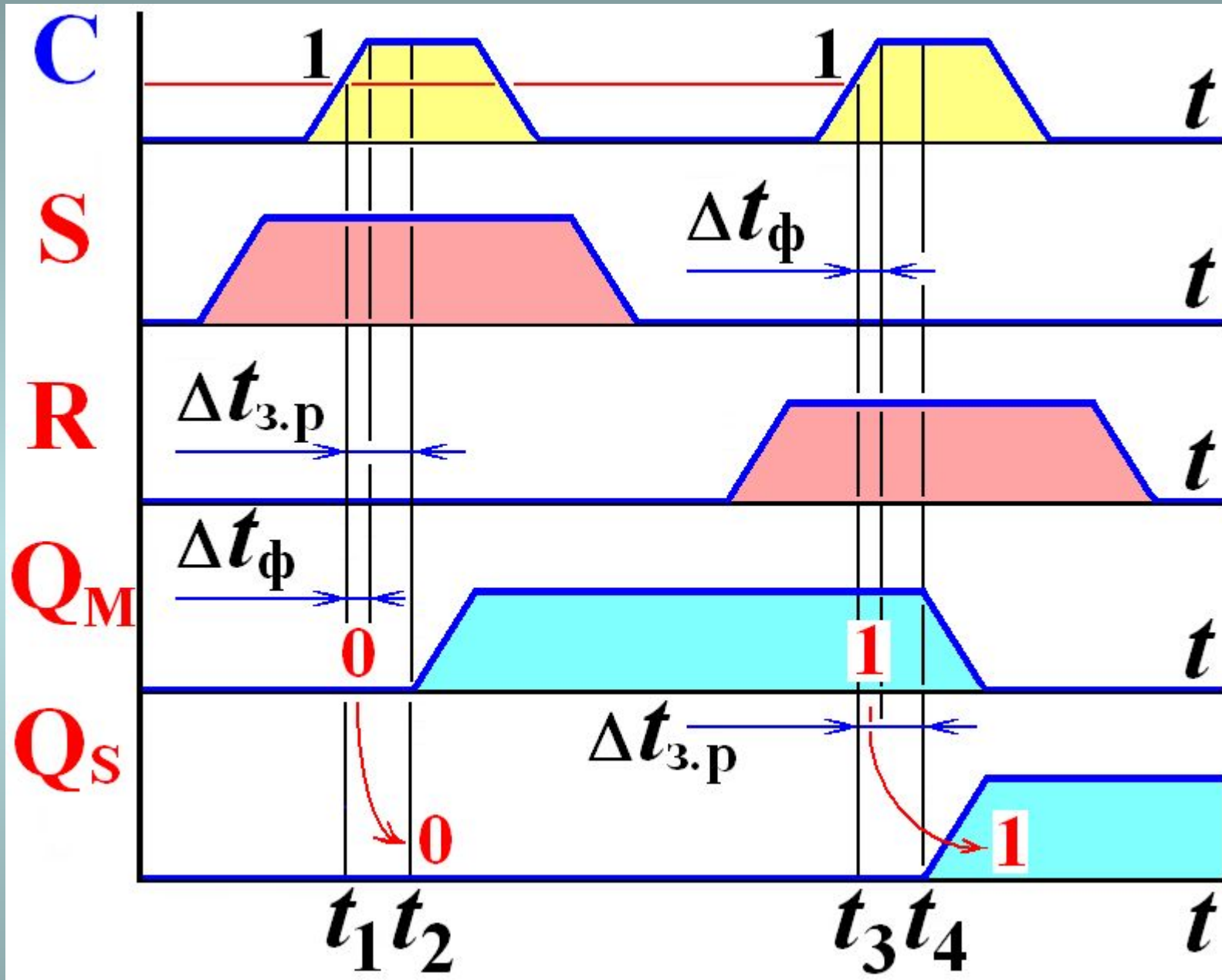
**MS – триггер**  
**(двухтактный)**



Временная диаграмма **MS** - триггера

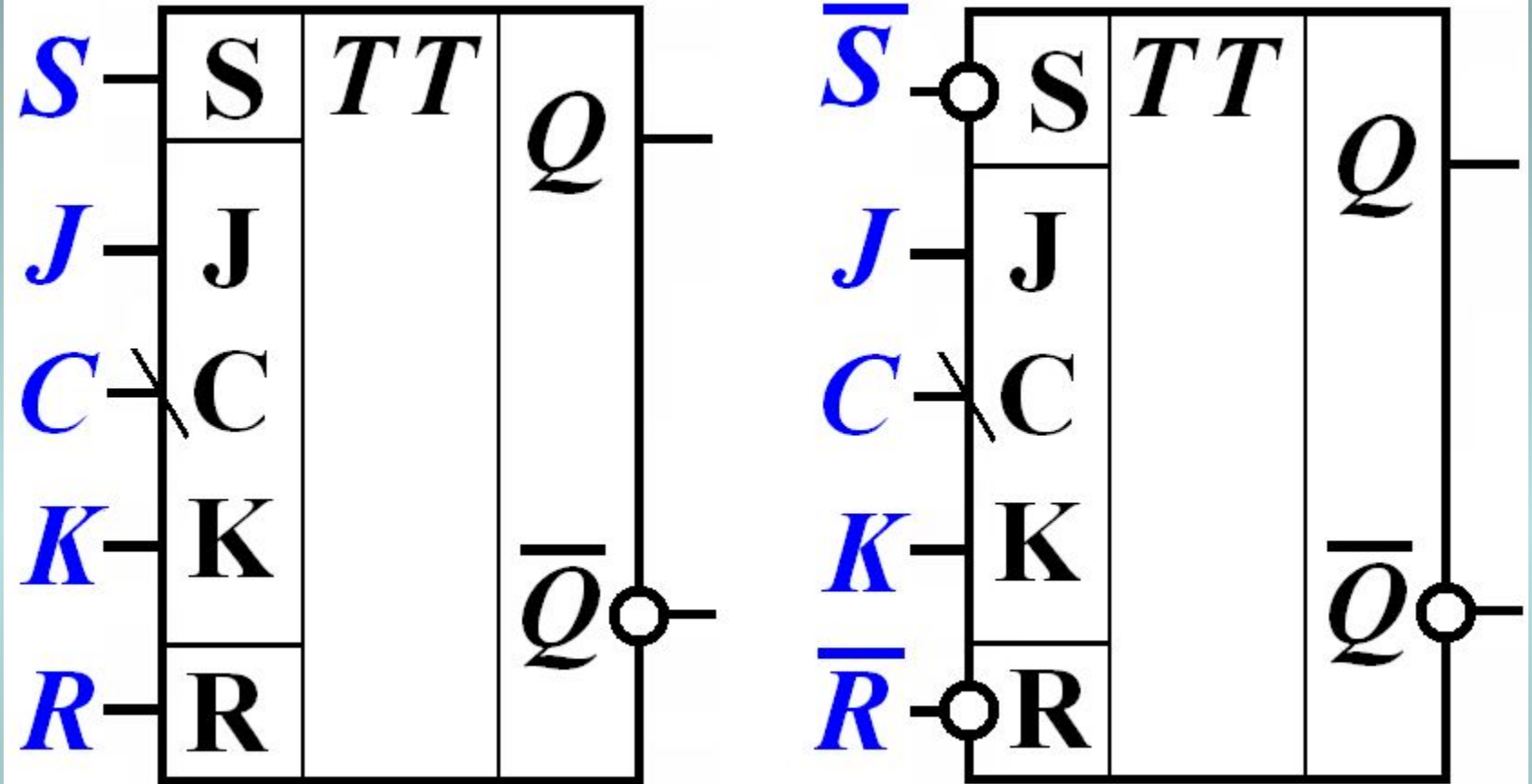


**MS – триггер**  
**(двухтактный)**



Временная диаграмма *MS* - триггера

# Универсальный JK-триггер



*J* (*итр*) - прыжок;  
*K* (*илл*) – убить.

*JK*-триггер может работать как *RS* -, *D* -,  
*T* - триггеры.

Он срабатывает по фронту тактового сигнала, имеет асинхронные входы *R* и *S*. Переключение триггера происходит по переходу из единицы в ноль сигнала *C* в зависимости от сигналов *J* и *K*.

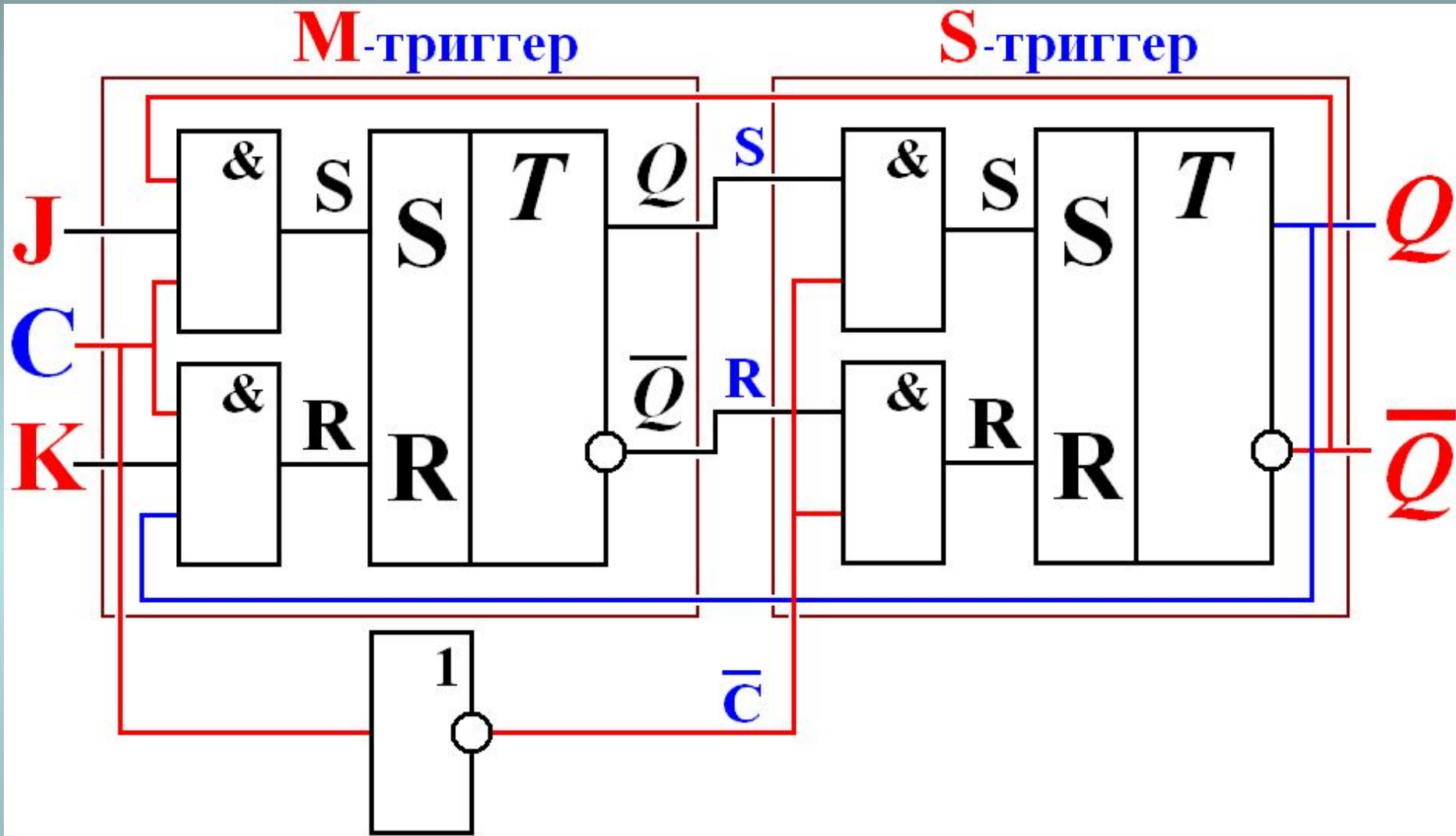
### Уравнение работы *JK*-триггера

$$Q_{n+1} = S + \bar{R} \cdot (J \cdot \bar{Q}_n + \bar{K} \cdot Q_n)$$

S	R	C	J	K	$Q_n$	$Q_{n+1}$
0	0	0, 1, $\sqrt{\quad}$	×	×	Q	$Q_n$
		$\sqsubset$	0	0	Q	0
		$\sqsubset$	1	0	×	1
		$\sqsubset$	0	1	×	0
		$\sqsubset$	1	1	Q	$\overline{Q_n}$
0	1	×	×	×	×	0
1	0	×	×	×	×	1
1	1	×	×	×	×	—

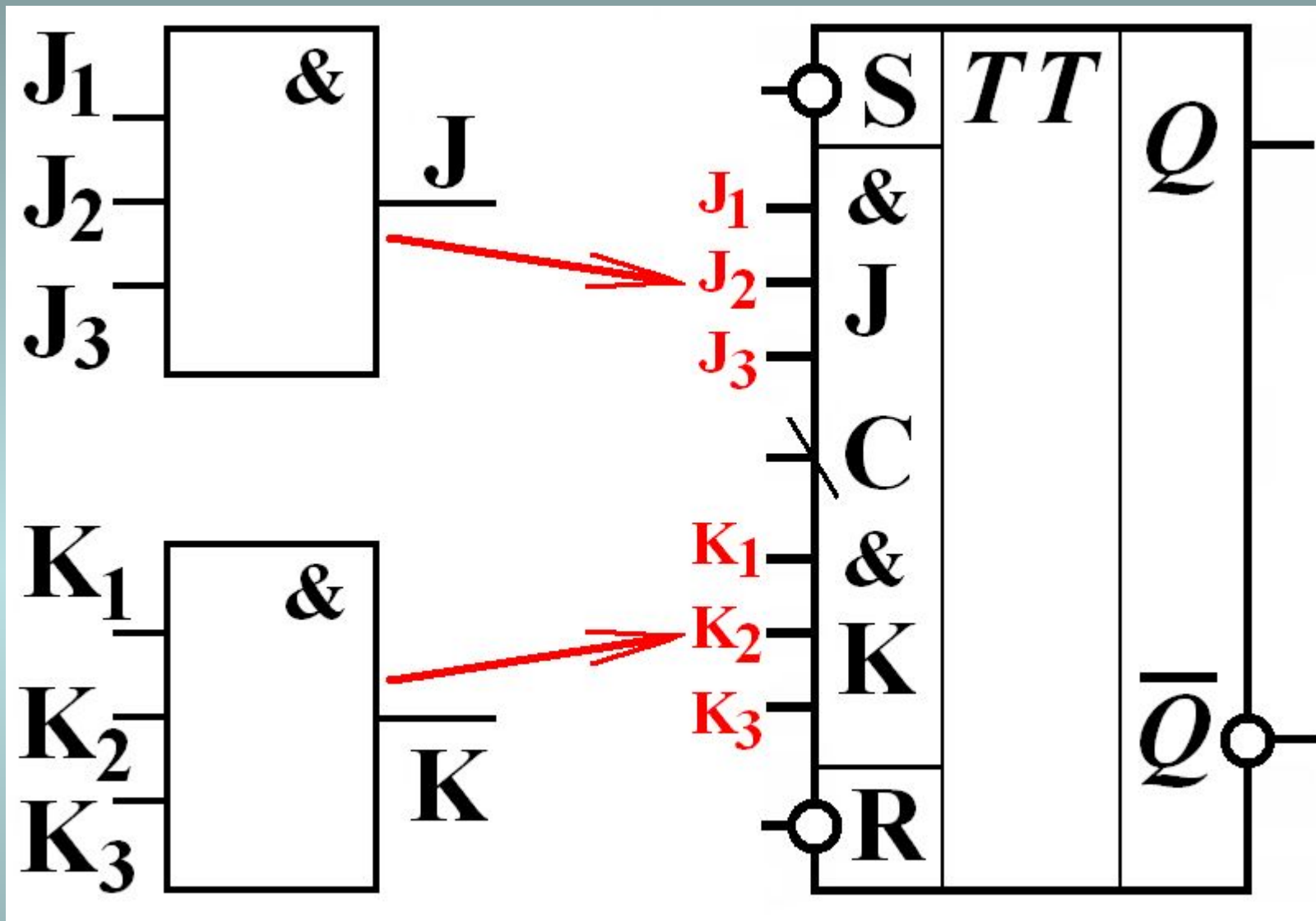
Таблица истинности JK - триггера





***JK (MS) – триггер***

**Примечание**

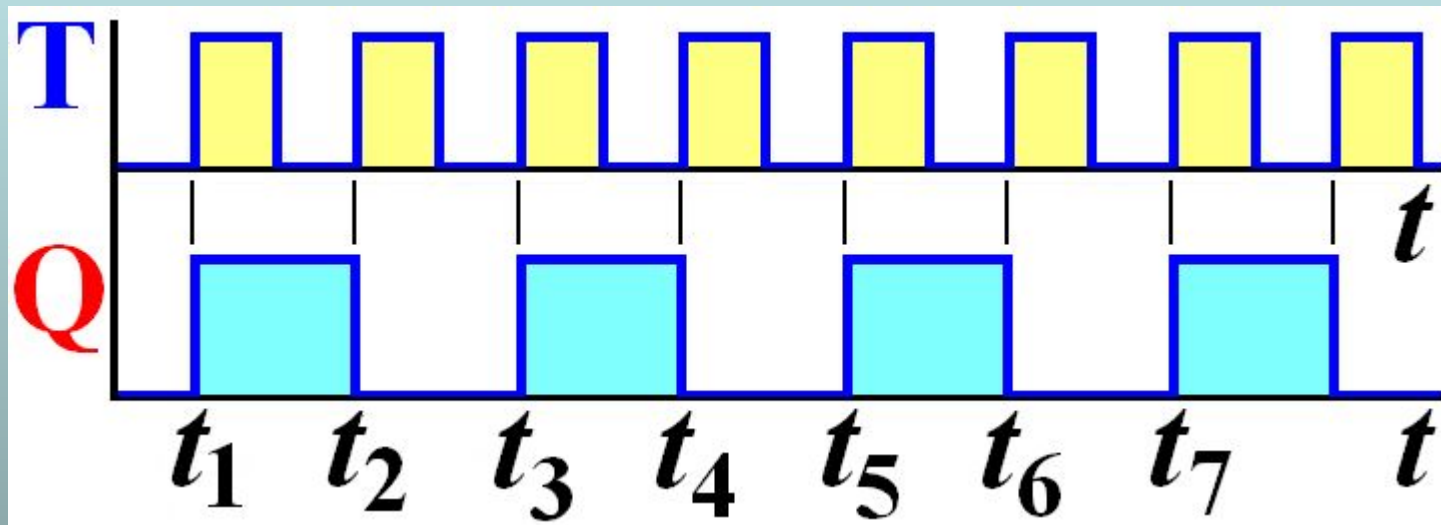


Пример  $JK$  – триггера: **К155ТВ1**

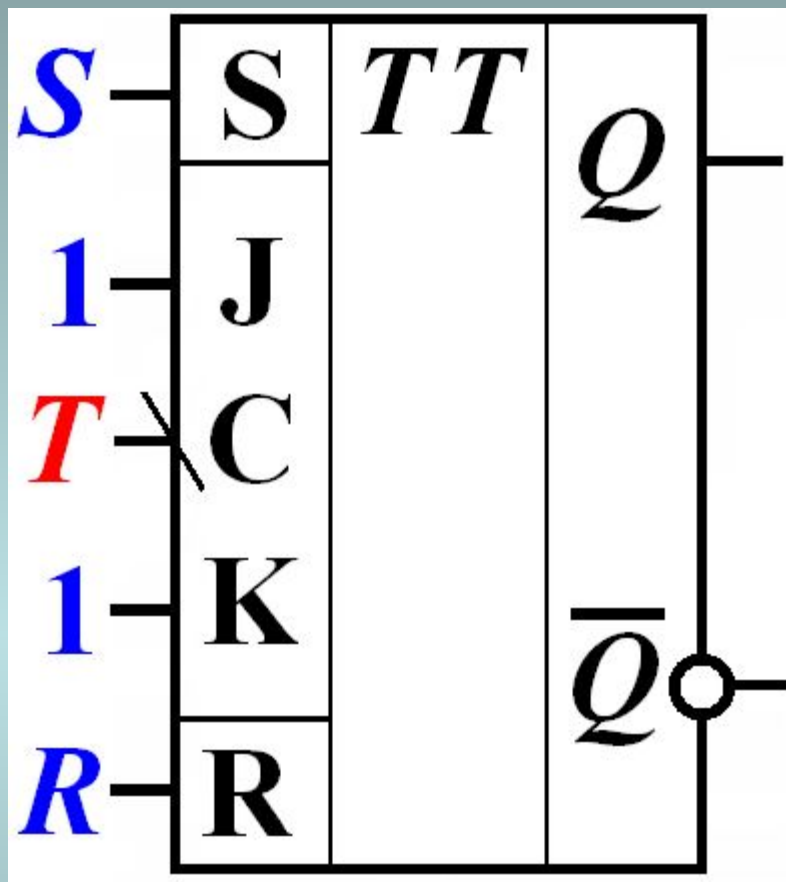
# ***T*** – триггер

При  $J = K = 1$ :

- триггер делит частоту входных импульсов на два;
- с приходом четного импульса выходной сигнал равен **0**, а с приходом нечетного - **1**, т.е. триггер является счетчиком.

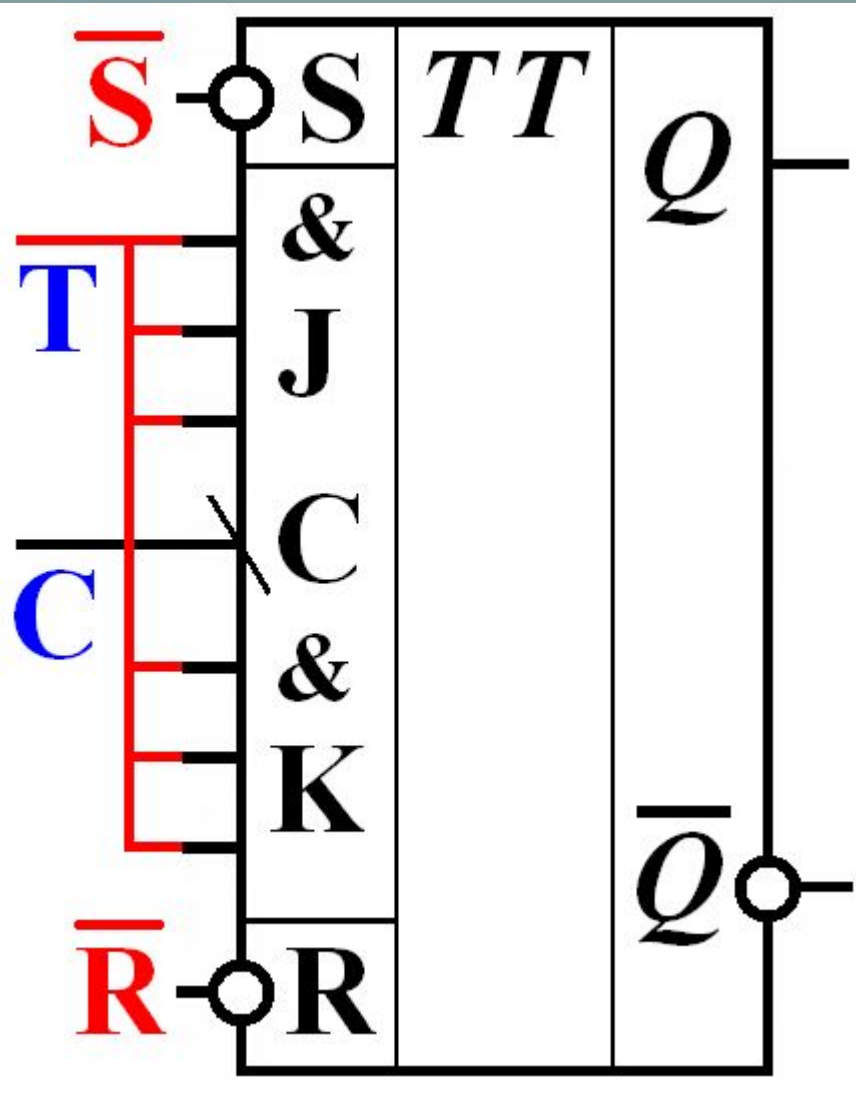


**Примечание**



***T*** – триггер на основе *JK*– триггера

**Примечание**



Входы  $R, S$   
 приоритетные,  
 определяющие работу  
 триггера, как  $RS$  -.

При  $R' = S' = 1$  (режим  
 хранения) разрешается  
 режим работы триггера,  
 как  $T$  -.

$RST$  – триггер на основе  $JK$ – триггера  
 К155ТВ1

Примечание

## Обозначение триггеров:

ТР — *SR*-триггеры,

ТВ — *JK*-триггеры,

ТМ — *D*-триггеры,

ТТ — *T*-триггеры,

ТП — прочие триггеры.

Например:

Интегральный *D*-триггер 555ТМ2

Примечание

**КОНЕЦ**