

# Языки описания схем

mk.cs.msu.ru → Лекционные курсы → Языки описания схем

## Блок 6

Комбинационные схемы с обратной связью  
Основные триггеры

Лектор:

**Подымов Владислав Васильевич**

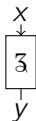
E-mail:

**valdus@yandex.ru**

ВМК МГУ, 2023/2024, осенний семестр

# Вступление

## Элемент задержки:

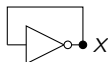
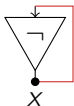


время	1	2	3	4	5	6	...
$x$	1	1	0	1	0	1	...
$y$	0	1	1	0	1	0	...

Как «в реальности» выглядит  $\zeta$ , и как сохранить в  $\zeta$  заданный потенциал?

Откуда в «реальной» схеме берётся дискретное время?

# Комбинационные схемы с обратной связью



В СФЭ, согласно определению и семантике,  
**категорически запрещены** циклы

Комбинационная схема — это описание «реального» объекта  
(например, совокупности МОП-транзисторов),  
и ничто не запрещает добавить в схему цикл  
(например, соединить проводником выбранные точки схемы)

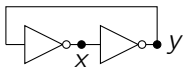
Комбинационные схемы, содержащие циклы,  
называются схемами **с обратной связью**

Некоторые схемы с обратной связью «бессмысленны»,  
как схема на правом рисунке:



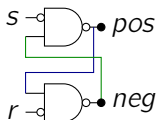
# Комбинационные схемы с обратной связью

Некоторые схемы с обратной связью «осмысленны», хотя и могут быть «бесполезными»:

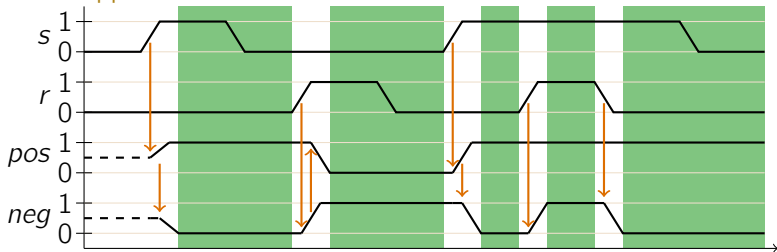


Кроме того, существуют комбинационные схемы с обратной связью, одновременно «осмысленные» и «полезные»

# Основные триггеры

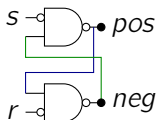


Выполнение этой схемы согласно упрощённой семантике со скошенными фронтами:

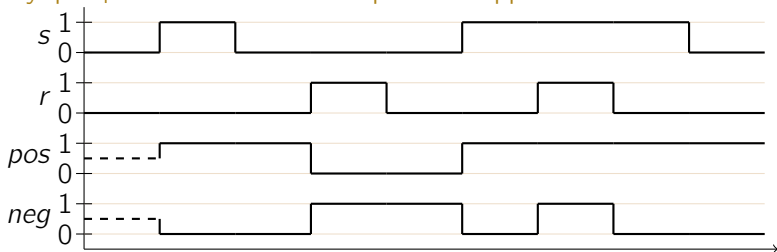


«...» — значение сигнала неизвестно

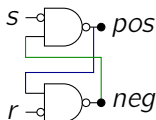
# Основные триггеры



То же в упрощённой семантике с прямыми фронтами:



# Основные триггеры



«Таблица значений», описывающая поведение схемы:

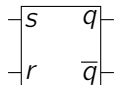
$s$	$r$	$pos$	$neg$
0	0	$pos$	$neg$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	*	*

Трактовка имени сигнала  $x$  в столбце «значений» сигнала  $y$ :

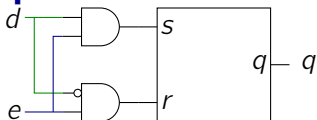
значение  $y$  равно последнему известному значению сигнала  $x$   
(то есть последнее значение  $x$  **сохраняется** в сигнале  $y$ )

«\*» — значение не специфицировано (*зависит от реализации*)

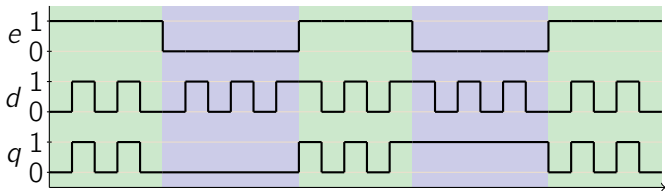
Название схемы с таким поведением: **RS-защёлка**, или **RS-триггер**



# Основные триггеры

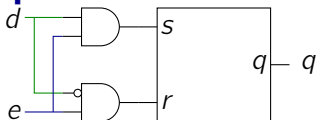


Выполнение этой схемы согласно упрощённой семантике с прямыми фронтами:





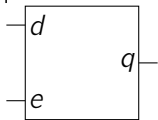
# Основные триггеры



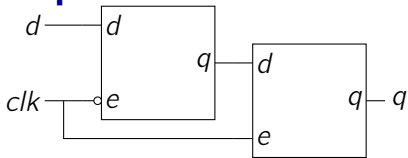
«Таблица значений», описывающая поведение схемы:

$e$	$d$	$q$
0	0	$q$
0	1	$q$
1	0	0
1	1	1

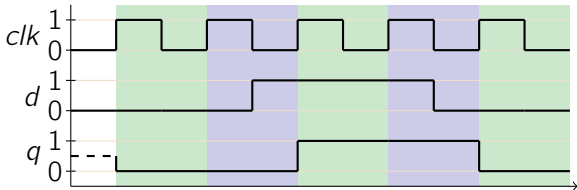
Название схемы с таким поведением: **D-защёлка**



# Основные триггеры



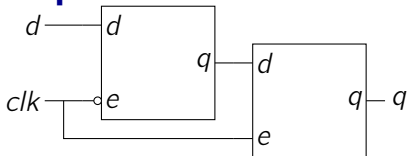
Выполнение этой схемы согласно упрощённой семантике с прямыми фронтами:



Поведение схемы:

- ▶ в момент **положительного фронта** сигнала  $clk$  значение  $q$  приравнивается значению  $d$
- ▶ в остальные моменты значение  $q$  не изменяется

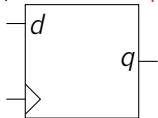
# Основные триггеры



Поведение схемы другими словами:

- ▶ значение  $d$  сохраняется в момент каждого положительного фронта сигнала  $clk$
- ▶ значение на выходе  $q$  всегда совпадает с последним сохранённым значением

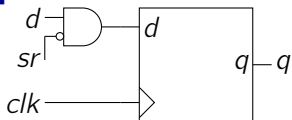
Название схемы с таким поведением: D-триггер



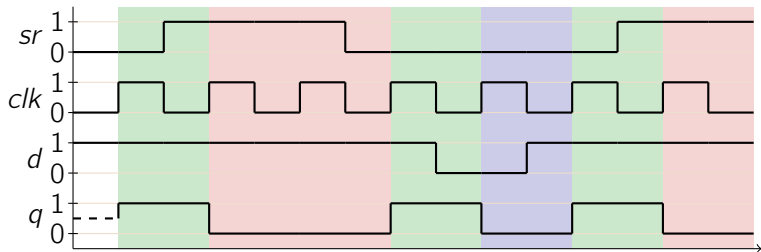
Названия входов D-триггера:

$d$  — информационный;  $clk$  ( $\triangleright$ ) — тактовый, или синхронизирующий

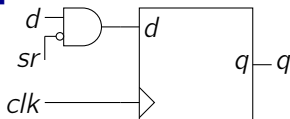
# Основные триггеры



Выполнение этой схемы согласно упрощённой семантике с прямыми фронтами:



# Основные триггеры

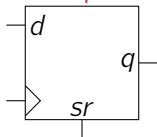


Поведение схемы:

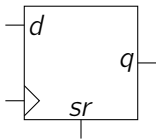
- ▶ в момент каждого положительного фронта сигнала  $clk$  в схеме **сохраняется** булево значение:
  - ▶ если  $sr = 0$ , то сохраняется значение  $d$
  - ▶ если  $sr = 1$ , то сохраняется значение 0, то есть сохранённое значение **сбрасывается**
- ▶ значение на выходе  $q$  всегда совпадает с последним сохранённым значением

Название схемы с таким поведением:

**D-триггер с синхронным сбросом**



# Основные триггеры



Множество моментов положительных фронтов сигнала  $clk$  **не более чем счётно**, а значит, с их помощью можно отсчитывать **дискретное время**

Начнём отсчёт положительных фронтов сигнала  $clk$  сразу после сброса триггера

Для  $i$ -го по счёту положительного фронта объявим значение сигнала

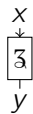
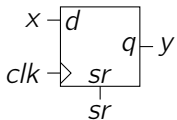
- ▶  $d$  в этот момент  $i$ -м входным значением
- ▶  $q$  непосредственно перед этим моментом  $i$ -м выходным значением

Тогда поведение D-триггера со сбросом переформулируется так:

- ▶ Первое выходное значение — 0
- ▶  $(i + 1)$ -е выходное значение равно  $i$ -му входному значению

Переформулированное поведение D-триггера — это **в точности поведение элемента задержки**

# Основные триггеры



**Пример** соответствующих выполнений

элемента задержки и D-триггера с синхронным сбросом:

	1	2	3	4	5	6	...
x	1	1	0	1	0	1	...
y	0	1	1	0	1	0	...

