

Языки описания схем

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

Блок 6

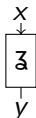
Комбинационные схемы с обратной связью
Основные триггеры
Тактовый сигнал
Последовательные схемы

Лектор:
Подымов Владислав Васильевич

E-mail:
valdus@yandex.ru

Вступление

Элемент задержки:

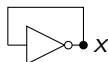


время	1	2	3	4	5	6	...
x	1	1	0	1	0	1	...
y	0	1	1	0	1	0	...

Как “в реальности” выглядит z , и как сохранить в z 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 способ описания “реального” объекта (например, совокупности МОП-транзисторов), и ничто не запрещает добавить в схему цикл (например, соединить проводником выбранные точки схемы)

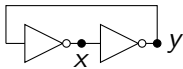
Комбинационные схемы, содержащие циклы, называются схемами с обратной связью

Некоторые схемы с обратной связью “бессмысленны”, как схема на правом рисунке:



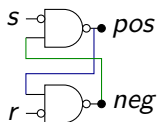
Комбинационные схемы с обратной связью

Некоторые схемы с обратной связью “осмысленны”, хотя и могут быть “бесполезными”:

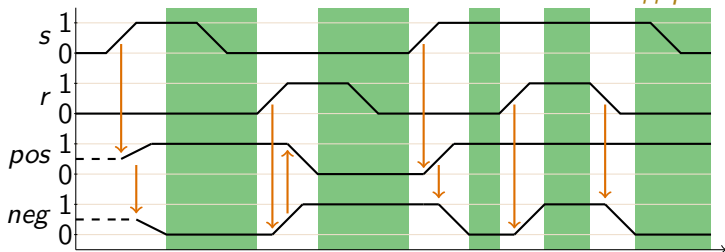


Кроме того, существуют комбинационные схемы с обратной связью, одновременно “осмысленные” и “полезные”

Основные триггеры

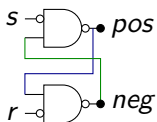


Выполнение этой схемы согласно *точной семантике с задержками*:

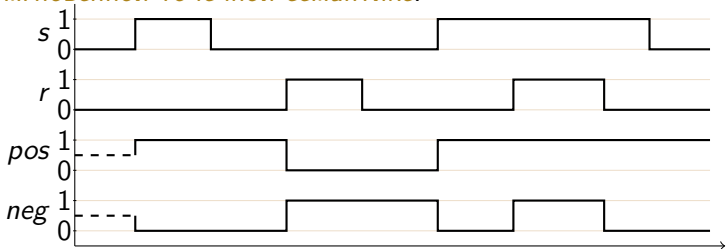


“*---*” — значение сигнала неизвестно

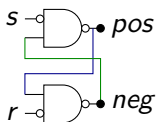
Основные триггеры



То же в *мгновенной точечной семантике*:



Основные триггеры



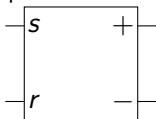
“Таблица значений”, описывающая функционал схемы:

s	r	pos	neg
0	0	-//-	-//-
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	***	***

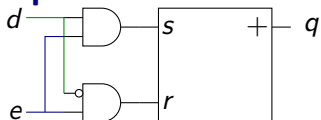
“-//-” — сохраняются последние известные значения

“***” — значения не специфицированы (зависят от реализации)

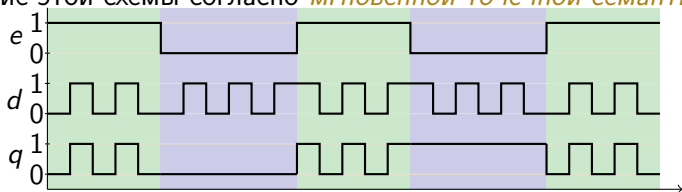
Название схемы с таким функционалом: **RS-защёлка**, или **RS-триггер**



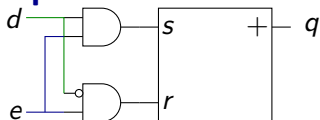
Основные триггеры



Выполнение этой схемы согласно *мгновенной точечной семантике*:



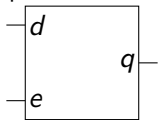
Основные триггеры



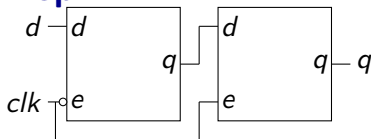
“Таблица значений”, описывающая функционал схемы:

e	d	q
0	0	-//-
0	1	-//-
1	0	0
1	1	1

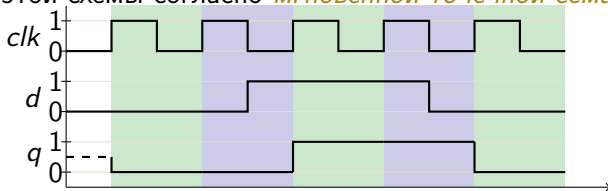
Название схемы с таким функционалом: **D-защёлка**



Основные триггеры



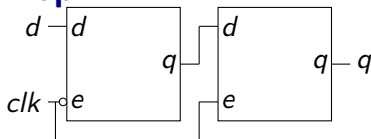
Выполнение этой схемы согласно *мгновенной точечной семантике*:



Функционал схемы:

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

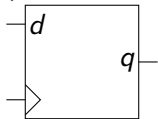
Основные триггеры



Функционал схемы другими словами:

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

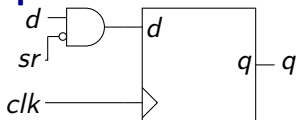
Название схемы с таким функционалом: **D-триггер**



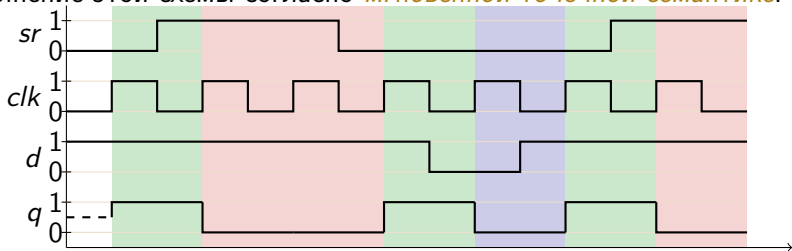
Названия входов D-триггера:

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

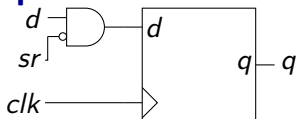
Основные триггеры



Выполнение этой схемы согласно **мгновенной точечной семантике**:



Основные триггеры

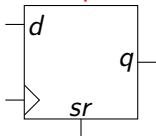


Функционал схемы:

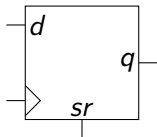
- ▶ в момент каждого переднего фронта сигнала clk в схеме **сохраняется** булево значение:
 - ▶ если $sr = 0$, то сохраняется значение d
 - ▶ если $sr = 1$, то сохранённое значение **сбрасывается**, то есть сохраняется 0
- ▶ значение на выходе q всегда совпадает с последним сохранённым значением

Название схемы с таким функционалом:

D-триггер с синхронным сбросом



Основные триггеры



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

Начнём отсчёт передних фронтов сигнала clk после сброса триггера

Для i -го по счёту переднего фронта объявим значение сигнала

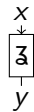
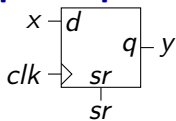
- ▶ d в этот момент i -м входным значением
- ▶ q непосредственно перед этим моментом i -м выходным значением

Тогда функционал D-триггера со сбросом переформулируется так:

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

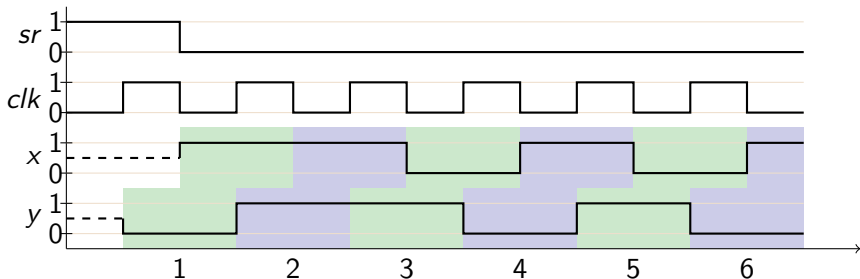
Переформулированный функционал D-триггера — это в точности функционал элемента задержки

Основные триггеры



Пример соответствующих выполнений D-триггера со сбросом и элемента задержки:

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

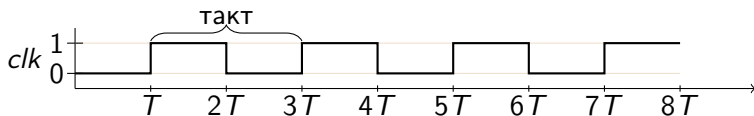


Тактовый сигнал

На один из входов цифровой схемы, как правило, подаётся особый сигнал, передними фронтами которого отсчитывается дискретное время

Такой сигнал называется **тактовым**, как и вход с этим сигналом

Тактом называется отрезок времени между соседними фронтами тактового сигнала, используемыми для отсчёта



По “правилам хорошего тона”,
длины всех тактов тактового сигнала схемы должны быть равны

Периодом тактового сигнала называется длина его такта ($2T$)

Частотой тактового сигнала называется число, обратное к периоду ($\frac{1}{2T}$)

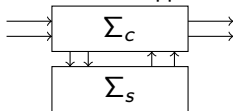
Последовательные схемы

Последовательная схема, или **схема с памятью**, — это цифровая схема, выходные значения которой существенно зависят от входных значений не только в те же моменты времени, но и в прошедшие моменты

Выходные значения **синхронной** последовательной схемы изменяются **только** в моменты передних фронтов тактового сигнала

Схемы, не являющиеся синхронными, называются **асинхронными**

Типичное устройство синхронной последовательной схемы:



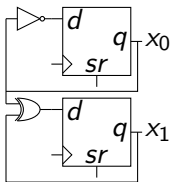
Σ_s — набор D-триггеров (со сбросом и без сброса) с общим тактовым сигналом

Σ_c — комбинационная схема

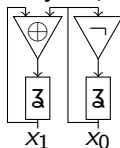
Последовательные схемы

Пример напоследок:

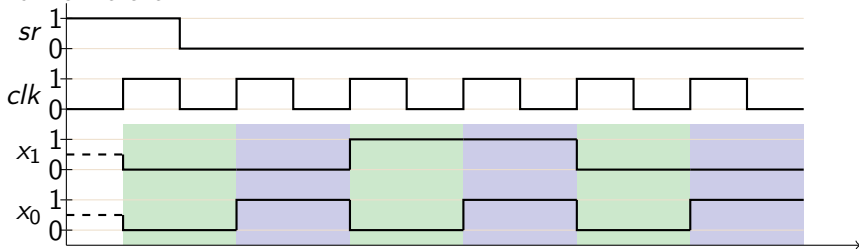
(тактовый сигнал clk и сигнал сброса sr , общие для триггеров, опущены)



Соответствующая СФЭЗ:



Выполнение схемы:



Это синхронная последовательная схема,
реализующая **двухбитовый счётчик**