

*Гриншпун Дмитрий Михайлович,  
Новиков Василий Викторович,  
Бильдейко Николай Александрович*

## КОМПЛЕКТ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ОСНОВАМ НЕКОМБИНАЦИОННОЙ ЛОГИКИ. ТРИГГЕРЫ

Комплект визуальных моделей по основам некомбинационной логики предназначен для наглядного представления и демонстрации работы основных элементов. Он включает три раздела:

1. Простейшие устройства некомбинационной логики – триггеры.
2. Устройства хранения данных – регистры.
3. Двоичные счетчики.

В настоящей статье представлено описание первого раздела комплекта визуальных моделей.

*Триггер* – логическое некомбинационное устройство, способное сохранять один бит информации. Триггеры имеют различные приложения при построении электронных вычислительных устройств, так, например, при помощи них организуются устройства хранения многорядных данных, делители частоты, двоичные счетчики и т. д. В рамках рассмотрения будут представлены:

1. RS-триггер.
2. Потенциальный D-триггер.
3. Фронтальной D-триггер.

С целью обеспечения преемственности указанные модели будут рассматриваться в порядке, соответствующем приведенному списку.

### ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Пример модели RS-триггера представлен на рис. 1.

Модель позволяет задать значения входных сигналов устройства, содержит схему устройства, на которой цветом (красный – «1», черный – «0») обозначается значение сигнала на проводнике, и временные диаграммы. В модели также присутствуют средства запуска и перезапуска модели.

Для демонстрации работы устройств некомбинационной логики во времени используются временные диаграммы их входных и выходных сигналов. Построение диаграммы ведется с условным фиксированным шагом времени; иллюстрируются последние 10 шагов. На рис. 2 изображены временные диаграммы D-триггера. Указание связи между логическими сигналами основано на следующем принципе: если в некоторый момент времени входной сигнал не влияет на выходные, то диаграмма этого входного сигнала будет светлее остальных. В этой ситуации диаграмма влияющего сигнала будет изображаться красным цветом, не влияющего – серым (рис. 2), таким образом, сохраняется информация о событиях в прошлые интервалы времени.

На рис. 3 приведена форма представления эффекта задержки распространения сигнала логическим элементом.

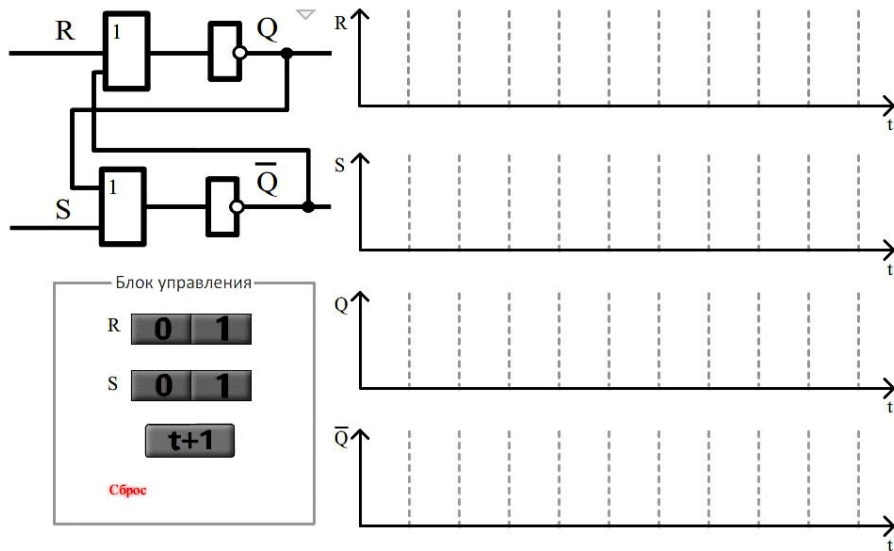


Рис. 1. Визуальная модель RS-триггера

## МОДЕЛИРУЕМЫЕ УСТРОЙСТВА

### RS-триггер

RS-триггер является простейшим устройством некомбинационной логики. На его основе построены более сложные устройства, поэтому рассмотрению его модели от-

дано больше времени. Триггер имеет два входа: R – «сброс» и S – «установка».

RS-триггер, построенный на элементах «ИЛИ-НЕ», может находиться в четырех состояниях (режимах): хранение, запись логической единицы, запись логического нуля, запрещенное состояние. Соответствие выходных сигналов и состояний входным сигналам R и S представлено в табл. 1.

При переходе из запрещенного состояния в режим хранения выходные сигналы RS-триггера не могут быть однозначно определены, поэтому моделирование такой ситуации производится случайным выбором одного из определенных состояний. Этот выбор производится на основе случайной величины 0 или 1, которая генерируется при

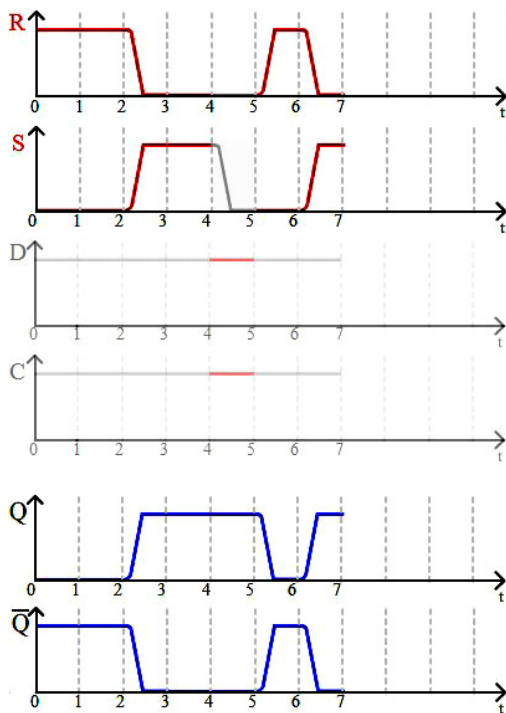


Рис. 2. Связь между сигналами

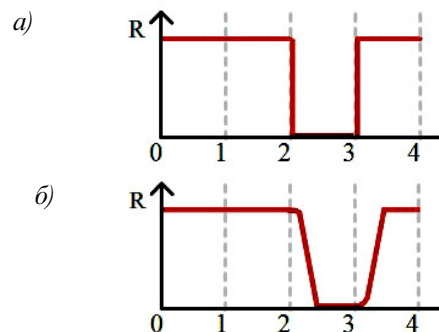


Рис. 3. Временная диаграмма «R» входа:  
а) без эффекта «задержки»,  
б) с эффектом «задержки»

Табл. 1

	R	S	$Q_t$	$\bar{Q}_t$
1	0	0	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$
2	0	1	1	0
3	1	0	0	1
4	1	1	0	0

запуске модели и не меняется в рамках одного сеанса. На рис. 4 изображены разные сеансы работы модели, серым цветом закрашены интервалы времени, в которые устройство было в запрещенном состоянии.

**Потенциальный D-триггер**

D-триггер является более сложным устройством по сравнению с RS-триггером. У него четыре входа – к R и S добавляются входы D и C – данные и управление соответственно. Приоритетом обладают входы R и S, то есть только при пассивном состоянии управление передается входам D и C. Работа устройства приведена в табл. 2. У D-триггера есть два состояния, которые вводят его в режим хранения. Также существует запрещенное состояние при R = 1 и S = 1, но на модели ввод этой комбинации запрещен. При попытке ввода будет выдано соответствующее информационное сообщение.

Табл. 2

	R	S	D	C	$Q_t$	$\bar{Q}_t$
1	0	0	0	0	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$
2			0	1	0	1
3			1	0	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$
4			1	1	1	0
5	0	1	~	~	1	0
6	1	0	~	~	0	1
7	1	1	~	~	0	0

Пример модели D-триггера представлен на рис. 5. D-триггер используется в параллельном регистре, который будет рассмотрен во второй статье.

**Фронтной D-триггер**

В отличие от потенциального D-триггера, фронтной D-триггер реагирует (производит запись информации) не на уровень сигнала C, а на один из фронтов этого сигнала C, а на один из фронтов этого сигнала. Фронт сигнала называется положительным (восходящим), если осуществляется изменение уровня сигнала с «0» на «1» (рис. 6), и отрицательным (нисходящим) в противоположном случае. Далее будет рассмотрен фронтной D-триггер, реагирующий на положительный фронт.

Фронтной D-триггер может быть построен на двух D-триггерах так, как это показано на схеме модели (рисунок 7). Зеленым овалом выделен временной интервал, в котором D-триггер среагировал на положительный фронт сигнала C и переписал значения на выходах триггера.

Таким образом, рассмотренные модели позволяют продемонстрировать работу простейших устройств некомбинационной логики. Эти модели, в первую очередь, пред-

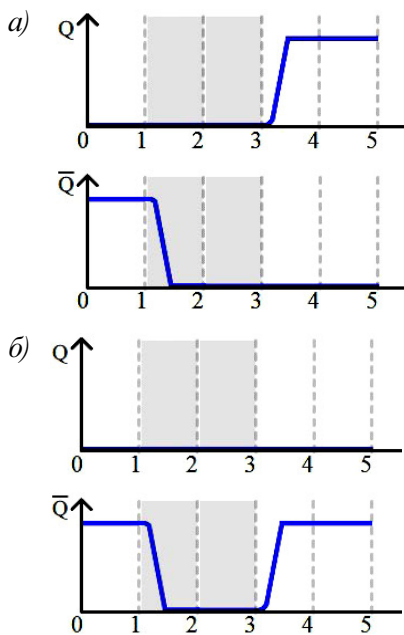
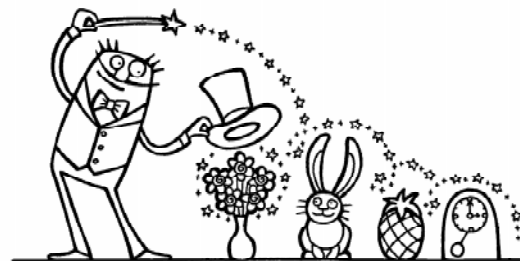


Рис. 4. Переход из запрещенного состояния



RS-триггер ... может находиться в четырех состояниях...

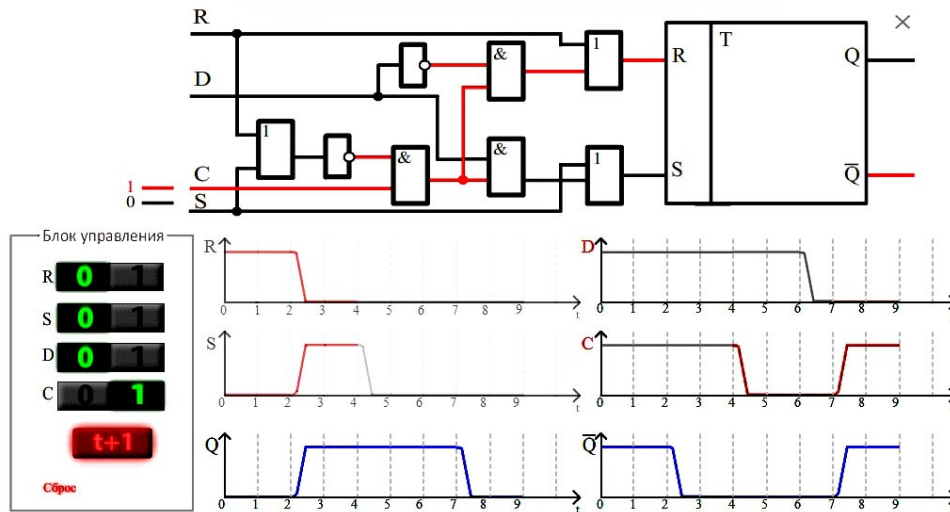


Рис. 5. Визуальная модель D-триггера

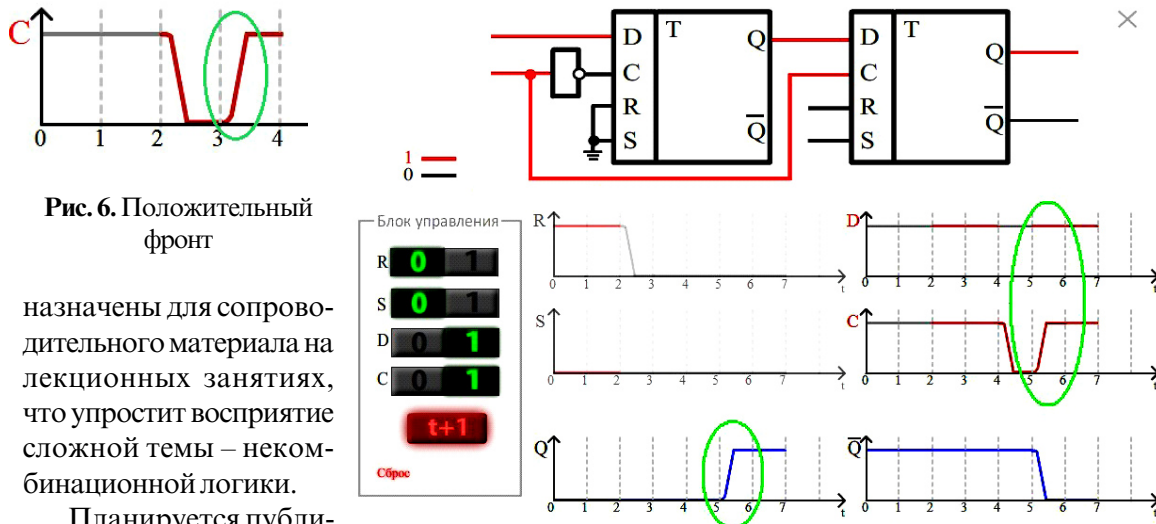


Рис. 6. Положительный фронт

назначены для сопроводительного материала на лекционных занятиях, что упростит восприятие сложной темы – некомбинационной логики.

Планируется публикация еще двух разделов комплекта моделей посвященных регистрам и счетчикам.

Рис. 7. Визуальная модель фронтového D-триггера

**Гриншпун Дмитрий Михайлович,**  
декан факультета среднего профессионального образования НИУ ИТМО,

**Новиков Василий Викторович,**  
студент (магистр) кафедры интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере естественно-научного факультета НИУ ИТМО,

**Бильдейко Николай Александрович,**  
студент 4 курса факультета среднего профессионального образования НИУ ИТМО.

© Наши авторы, 2013.  
Our authors, 2013.