

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

## КОМПЛЕКТ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ОСНОВАМ НЕКОМБИНАЦИОННОЙ ЛОГИКИ. РЕГИСТРЫ

В настоящей статье описывается визуальные модели некомбинационной логики, предназначенные для изучения работы регистров.

*Регистр* – устройство, способное хранить и преобразовывать одновременно несколько бит информации. Регистры формируются из триггеров. Количество одновременно обрабатываемых бит определяется количеством составляющих регистр триггеров и называется разрядностью регистра. Тип триггеров определяет тип регистра (потенциальный, фронтовой), а их взаимное соединение – его функцию: параллельный и последовательный.

Принцип объединения триггеров в единое устройство: их входы, соответствующие одноименным управляющим сигналам, соединяются, а информационные входы и выходы образуют многоразрядные (по количеству триггеров) шины данных. Таким образом, количество управляющих сигналов регистра равно количеству управляющих сигналов триггеров, а разрядность – количеству триггеров.

### ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

В моделях регистров используются принципы визуализации, описанные в статье «Комплект визуальных моделей по основам некомбинационной логики. Тригге-

ры» [1]. Однако, ввиду более сложного схемного решения регистров, для удобства пользования моделями введены новые элементы интерфейса – скрывающиеся диаграммы и индикаторный блок «Значения».

Рассматриваются регистры, построенные на четырех D-триггерах, обеспечивающие тем самым обработку четырех бит данных. Соответственно, регистры имеют управляющие входы C, R и S, входы  $D_0 \dots D_3$  и выходы  $Q_0 \dots Q_3$ . Поскольку входы R и S применяются в регистрах только для предустановки состояния и не участвуют в динамической работе, они в представленных моделях переведены в пассивное состояние («заземлены»). Таким образом, демонстрируются девять временных диаграмм: четыре диаграммы входных сигналов данных, четыре диаграммы выходных сигналов данных и диаграмма управляющего сигнала C.

Для улучшения наглядности, диаграммы входов  $D_0 \dots D_3$  скрываются, при надобности можно их отобразить. Эффект скрытия/отображения диаграмм показан на рис. 1. На рис. 1 а представлен фрагмент визуальной модели со скрытыми диаграммами входов  $D_0 \dots D_3$ , а на рисунке 1 б эти диаграммы отображены. При отображении диаграмм входных сигналов диаграммы управляющего сигнала и выходных сигналов сдвигаются вниз.

На рис. 2 представлен блок «Значения», предназначенный для демонстрации текущего состояния входных и выходных сигналов (пример – значения входных сигналов  $0101_b$ , а выходных  $0011_b$ ).

### МОДЕЛИРУЕМЫЕ УСТРОЙСТВА

#### Параллельный регистр

Представленный в модели параллельный регистр построен на потенциальных D-триггерах и работает по принципу «защелки»: при подаче на управляющий вход С «1» все триггеры «открыты», то есть регистр находится в режиме записи (сигналы  $Q_0...Q_3$  повторяют сигналы  $D_0...D_3$ ), при подаче же на вход С «0» все регистры переходят в режим хранения: значения выходных сигналов фиксируются и не отслеживают значения входных. Изображение модели параллельного регистра представлено на рис. 3. Параллельный регистр применяется для хранения многоразрядного значения, поданного на его входы.

#### Последовательный регистр

Последовательный регистр в модели основан на фронтовых D-триггерах. Изображение модели представлено на рис. 4.

Выходы регистра при чтении их «снизу вверх» можно интерпретировать как двоичное число. При этом, в отличие от параллельного, запись такого числа в последовательном регистре осуществляется по тактам, определяемым рабочими фронтами управляющих сигналов. На каждый положительный фронт значение выходного числа регистра сдвигается влево на один разряд. Поясняющий пример представлен в табл. 1.

Важным отличием параллельного регистра от последовательного является то, что параллельный регистр позволяет сформиро-

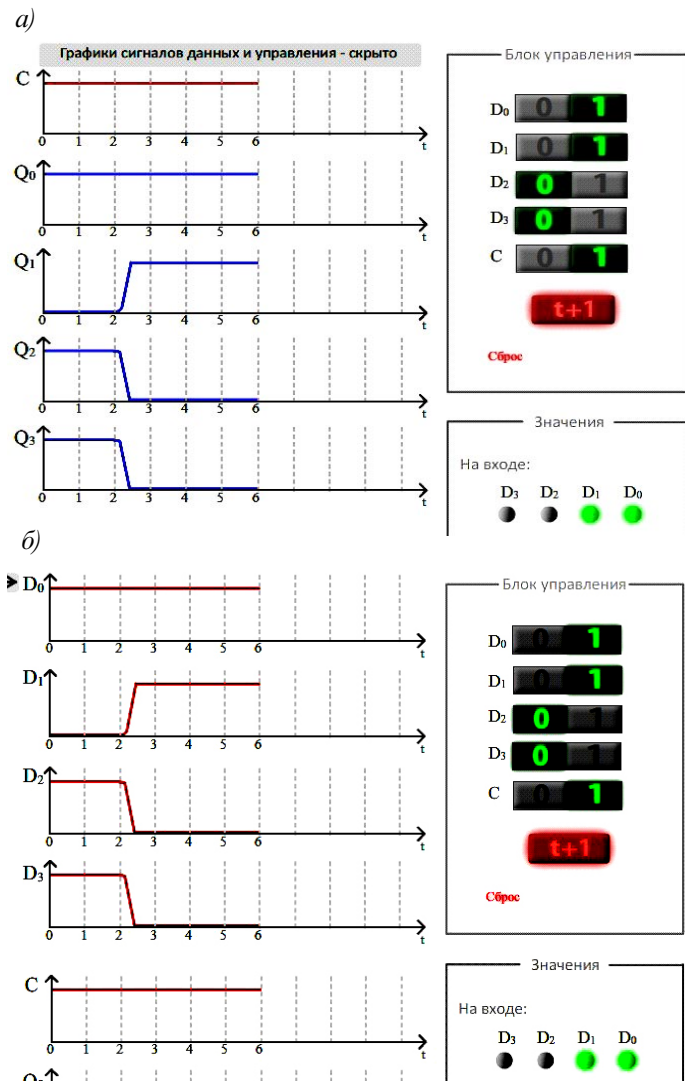


Рис. 1. Диаграммы входных сигналов: а) скрытие, б) отображение

вать выходные данные за один такт (поскольку его функцией является сохранение дан-

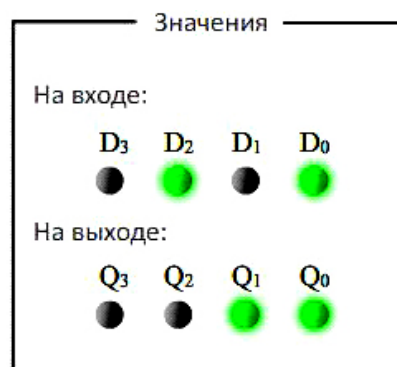


Рис. 2. Блок «Значения»

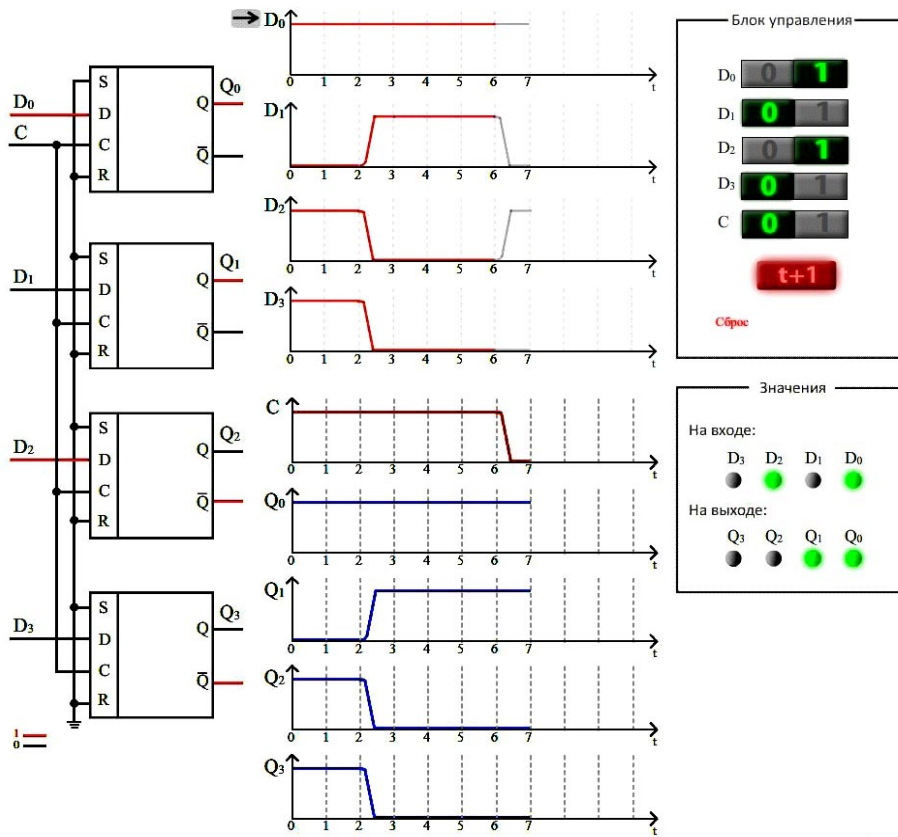


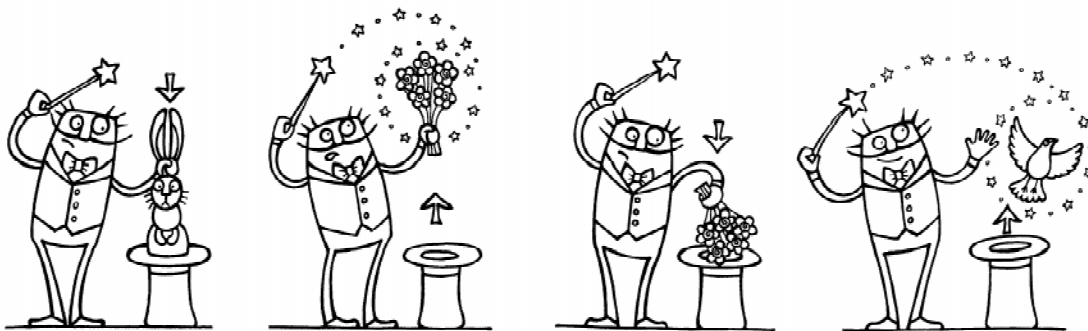
Рис. 3. Визуальная модель параллельного регистра

Табл. 1. Работа последовательного регистра

№ полож. фронта	Вход D <sub>0</sub>	Общее значение регистра
0	1	0000
1	1	0001
2	0	0010
3	0	0100
4	0	1000
5	0	0000

ных), в то время как последовательный регистр преобразует данные на каждом такте.

Рассмотренные модели демонстрируют работу устройств некомбинационной логики, способных работать с многоразрядными двоичными числами. Как и рассмотренные ранее, они предназначены для сопроводительного материала на лекционных занятиях или при самостоятельном изучении материала по некомбинационной логике.



... в то время как последовательный регистр преобразует данные на каждом такте...

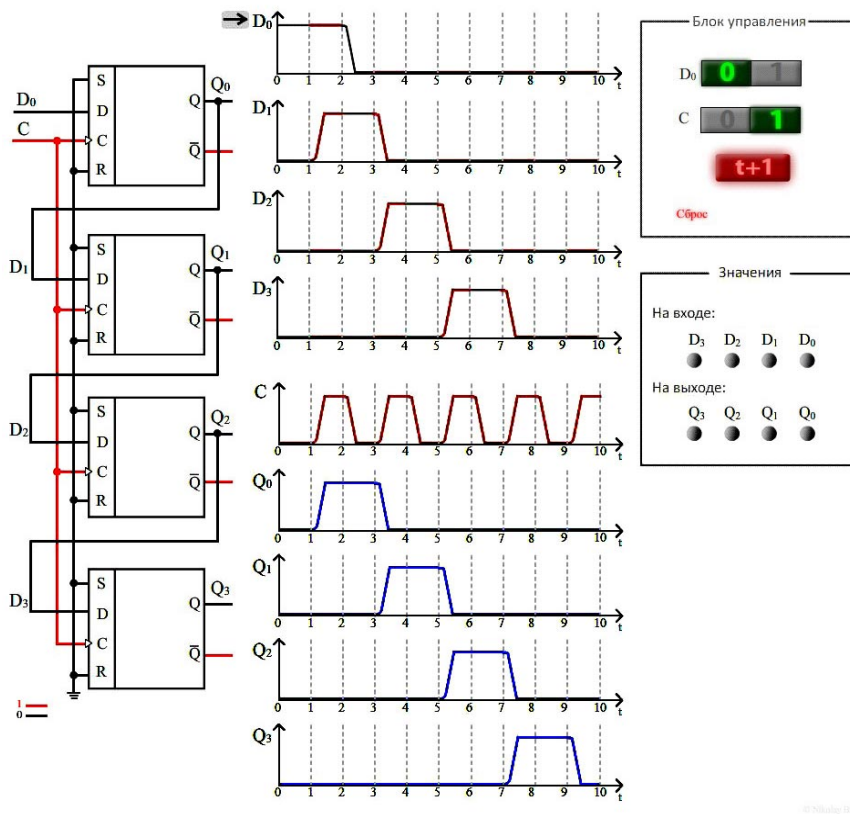


Рис. 4. Визуальная модель последовательного регистра

Заинтересовавшихся читателей приглашаем к сотрудничеству по расширению номенклатуры виртуальных лабораторных

моделей и применению их в образовательном процессе. Обращаться по электронной почте – Бильдейко Николай Александрович [bildeyko@gmail.com](mailto:bildeyko@gmail.com).

### Литература

1. Бильдейко Н.А., Гриншпун Д.М., Новиков В.В. Комплект визуальных моделей по основам некомбинационной логики. Триггеры // Компьютерные инструменты в школе, 2013. № 1. С. 56–59.

**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.