

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

## КОМПЛЕКТ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ОСНОВАМ НЕКОМБИНАЦИОННОЙ ЛОГИКИ. ДВОИЧНЫЕ СЧЕТЧИКИ

В настоящей статье описываются визуальные модели некомбинационной логики, предназначенные для изучения работы двоичных счетчиков.

Двоичный счетчик – устройство некомбинационной логики, изменяющее выходное значение на единицу по тактам управляющего сигнала. Схемное исполнение счетчика представляет собой каскад из нескольких фронтных триггеров, в основе ко-

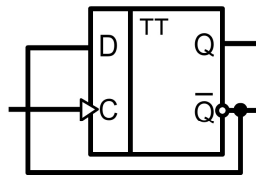


Рис. 1. Делитель частоты на 2

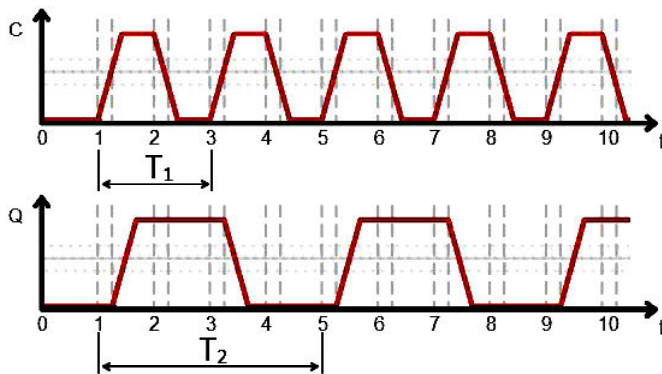


Рис. 2. Диаграммы сигналов делителя частоты на 2

торого лежит принцип деления частоты входного сигнала. Подробно с описанием работы двоичных счетчиков можно ознакомиться в [1, 2].

От количества триггеров  $n$  зависит максимальная величина деления частоты, равная  $2^n$ . На рис. 1 представлена схема делителя частоты на 2, а на рис. 2 изображены временные диаграммы его входного (С) и выходного (Q) сигналов. Период  $T_1$  сигнала С равен 2 временным единицам (в.е.). Период  $T_2$  сигнала Q равен 4 в.е. Поскольку частота  $\nu$  вычисляется по формуле  $\nu = 1/T$ , то частоты  $\nu_1$  и  $\nu_2$  будут равны 0.5 в.е. и 0.25 в.е., соответственно.

На рис. 3 представлена схема двоичного трехразрядного счетчика, основанного на трех делителях частоты. Следует обратить внимание, что входным сигналом каждого последующего триггера в каскаде является инверсный выходной сигнал предыдущего.

На рис. 4 представлены временные диаграммы сигналов каждого выхода счетчика. Соответственно, относительно сигнала С частота изменения сигнала  $Q_0$  уменьшилась в два раза,  $Q_1$  – в четыре,  $Q_2$  – в восемь. Каждый выход, таким образом, моделирует один разряд двоичного кода, а чтение выходных сигналов в формате  $Q_2Q_1Q_0$  позволяет сформировать

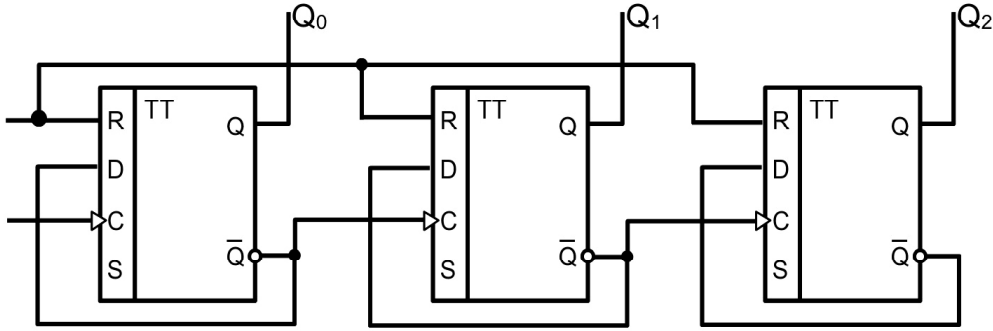


Рис. 3. Схема двоичного трехразрядного счетчика

ровать числовую двоичную последовательность: 000, 001, 010, ... и т. д.

### ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Для моделей счетчиков разработаны принципы визуализации, отличающиеся от описанных в статье «Комплект визуальных моделей по основам некомбинационной логики. Триггеры» [3]. Ввиду более сложного схемного решения счетчиков, затруднительно продемонстрировать зависимость состояний устройства с помощью цветовых эффектов, поэтому применен способ динамически отображаемых стрелок, направленных от диаграмм влияющих сигналов к диаграммам формируемых сигналов.

В модели рассматриваются счетчики, построенные на трех D-триггерах, обеспечивающие тем самым деление частоты в 8 раз. Счетчики имеют управляющие входы С,

и S и выходы  $Q_0$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$ . Вход S не применяется для демонстрации, поэтому он переведен в пассивное состояние («заземлен»), а вход R используется для «сброса» – перевода счетчика в нулевое состояние. Таким образом, демонстрируются девять временных диаграмм: четыре диаграммы входных сигналов данных, четыре диаграммы выходных сигналов данных и диаграмма управляющего сигнала С. В начале работы автоматически моделируется работа счетчика на протяжении семнадцати интервалов времени.

Для управления моделью пользователю предоставляется диаграмма R входа, каждый временной интервал которой реализован в виде интерактивного элемента. При нажатии на элемент (щелчок «мышью» на участке временного интервала) на вход R подается логический сигнал «1», который сбрасывает счетчик, устанавливая значение на выходах, равное «000». При этом диаграммы сиг-

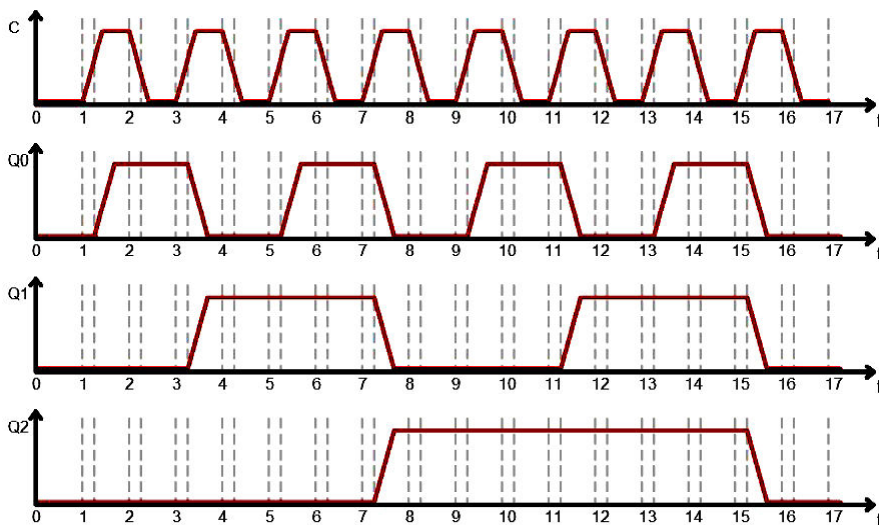


Рис. 4. Временные диаграммы выходов счетчика

налов до сброса сохраняются на экране, что позволяет наблюдать изменения состояний устройства в зависимости от момента активизации R-входа.

Для демонстрации значений входных и выходных сигналов в различные интервалы времени введен инструмент «бегунок». Он свободно перемещается вдоль осей «t». Определяемые им значения отображаются на схеме устройства, где подписываются рядом с соответствующим входом или выходом, а точка пересечения инструмента и графика отмечается зеленым маркером. Так, на рисунке 5 «бегунок» пересекает все временные диаграммы и выводит на схему устройства значения в точках пересечения ( $R = 1, C = 1, Q_0 = 0, Q_1 = 0, Q_2 = 0$ ).

## МОДЕЛИРУЕМЫЕ УСТРОЙСТВА

### Асинхронный прямой счетчик

Представленный в модели асинхронный счетчик построен на фронтовых D-триггерах

рах. На каждом положительном фронте управляющего сигнала значение в счетчике увеличивается на единицу. Из этого следует название – «прямой счетчик». Изображение модели представлено на рис. 5.

#### Описание модели.

Исходное значение выходных сигналов принято равным «000». В табл. 1 представлена последовательность формируемых выходных сигналов по мере поступления сигналов на вход С.

На рис. 2 отображены стрелки, направленные от сигнала С к сигналу  $Q_0$  в каждый момент времени поступления положительного фронта, из чего можно сделать вывод, что  $Q_0$  реагирует только на положительный фронт управляющего сигнала. Благодаря «бегунку» видно, что на интервале 5–6 на вход R подан сигнал «1», который устанавливает на всех выходах «0», так как на  $Q_1$  был «1», то активный сигнал R повлиял только на состояние  $Q_1$ . Присутствуют стрелки, направленные от диаграмм сигналов  $Q_0$  к  $Q_1$ ,

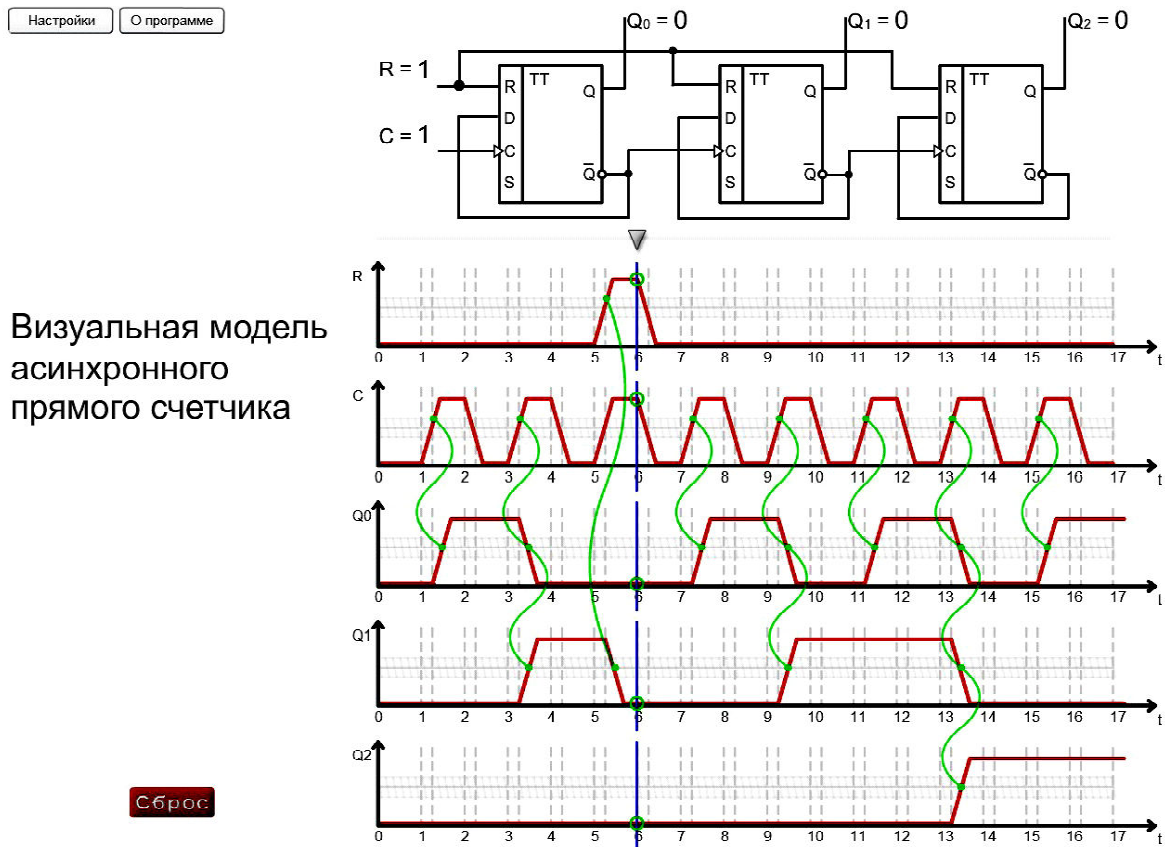


Рис. 5. Визуальная модель асинхронного прямого счетчика

Табл. 1. Работа прямого счетчика

Номер положительного фронта	Значение сигнала R	Двоичный код на выходах счетчика
0	0	000
1	0	001
2	0	010
3	1	000
4	0	001
5	0	010
6	0	011
7	0	100
8	0	101

и от  $Q_1$  к  $Q_2$ , что говорит об их зависимости, соответственно.

**Асинхронный обратный счетчик**

На каждом положительном фронте управляющего сигнала значение формируемого кода уменьшается на единицу. Из этого следует название – «обратный счетчик». Изображение модели представлено на рис. 6.

Рассмотренные модели демонстрируют работу устройств некомбинационной логики, способных работать с многоразрядными двоичными числами. Как и рассмотренные ранее [3], они предназначены для сопроводительного материала на лекционных занятиях или при самостоятельном изучении материала по некомбинационной логике.

Заинтересовавшихся читателей приглашаем к сотрудничеству по расширению но-

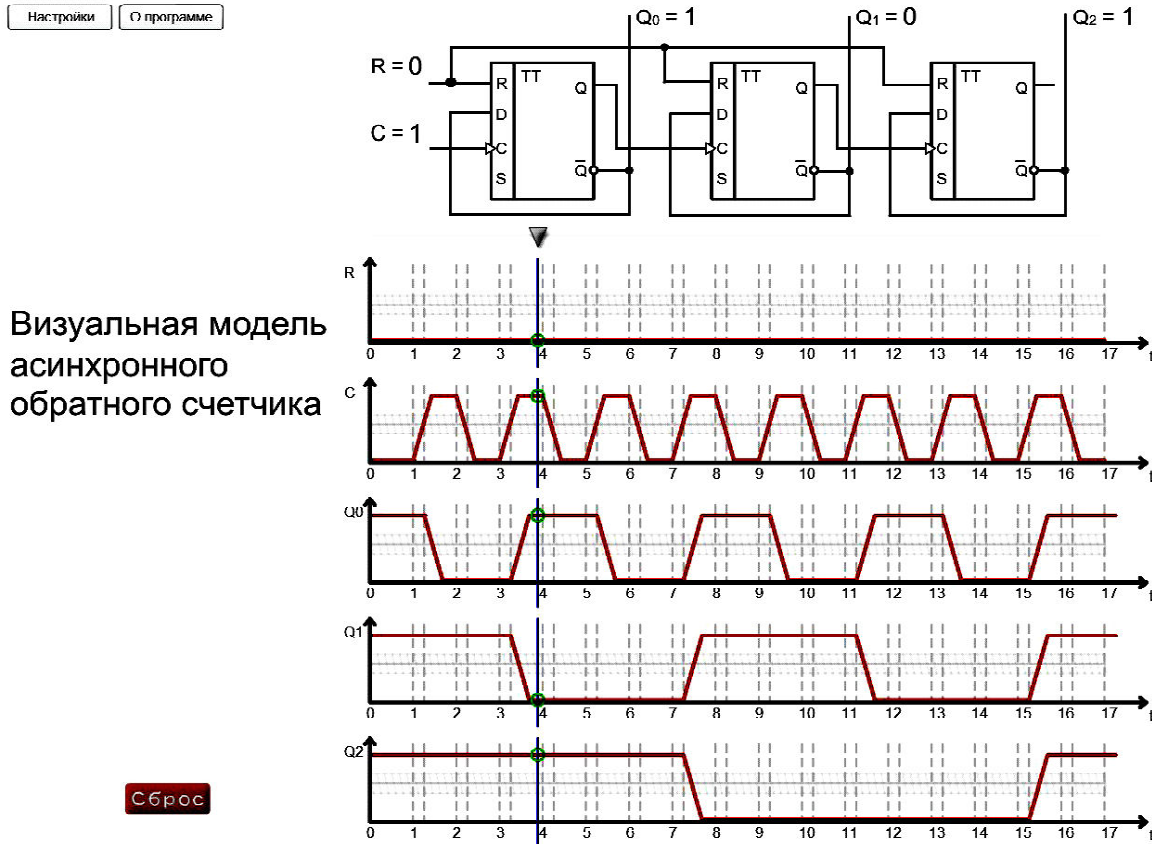


Рис. 6. Визуальная модель асинхронного обратного счетчика

менклатуры 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. *Уэйкерли Дж.Ф.* Проектирование цифровых устройств, том 2 [Текст] / Дж. Ф. Уэйкерли. – Москва: Постмаркет, 2002. – 528 с.
2. *Пухальский Г.И.* Цифровые устройства: Учебное пособие для вузов. [Текст] / Г.И. Пухальский, Т.Я. Новосельцева. СПб.: Политехника, 1996.
3. *Бильдейко Н.А., Гриншпун Д.М., Новиков В.В.* Комплект визуальных моделей по основам не-комбинационной 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  
естественнонаучного факультета  
НИУ ИТМО,*

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



Наши авторы, 2013.  
Our authors, 2013.

