

В. В. Тарапата,
школа № 283, г. Москва

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОСНОВАМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ «АСИНХРОННЫЙ RS-ТРИГГЕР» В УГЛУБЛЕННОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ДЕСЯТОГО КЛАССА*

Аннотация

В статье представлена лабораторная работа по созданию модели асинхронного RS-триггера для учащихся десятого класса, изучающих информатику на углубленном уровне. Необходимость такой работы обусловлена чисто теоретическим характером изучения тем «Логические элементы компьютера» и «Микроэлектронные устройства», отсутствием наглядных пособий.

Ключевые слова: информатика, основы микроэлектроники, логические элементы компьютера, триггер, прототипирование, наглядное пособие.

Контактная информация

Тарапата Виктор Викторович, аспирант Московского педагогического государственного университета, учитель информатики школы № 283, г. Москва; адрес: 127224, г. Москва, ул. Широкая, д. 21А; телефон: (499) 477-11-40; e-mail: vvteach@mail.ru

V. V. Tarapata,
School 283, Moscow

LABORATORY RESEARCH IN BASIC COURSE OF MICROELECTRONICS "ASYNCHRONOUS RS-TRIGGER" IN ADVANCED INFORMATICS COURSE IN THE 10TH GRADE

Abstract

The article describes a laboratory research that is devoted to the creation of a pattern of asynchronous RS-trigger for pupils in the tenth grade who study advanced course of informatics. The relevance and necessity of this work is conditioned by purely theoretical character of studies on the topics "Logical computer elements" and "Microelectronic devices" as well as by the absence of teaching aids.

Keywords: informatics, basic course of microelectronics, computer logic elements, trigger, prototyping, visual aids.

Как правило, изучение тем «Логические элементы компьютера» и «Микроэлектронные устройства» даже на углубленном уровне изучения информатики в старшей школе носит сугубо теоретический характер [1, 3, 4] и характеризуется отсутствием наглядных пособий.

Основной целью работы «Асинхронный RS-триггер» является практическое знакомство учащихся с основами микроэлектроники в процессе сборки асинхронного RS-триггера, построенного на универсальных логических элементах ИЛИ—НЕ.

Триггер — это электронная схема, имеющая два устойчивых состояния, одно из которых принимается за логический ноль «0», а другое — за логическую единицу «1». Под действием управляющих сигналов на входе триггер скачкообразно переходит из одного состояния в другое («опрокидывается»). Таким образом, один триггер способен хранить 1 бит информации.

Триггер служит основой создания регистров, счетчиков и различных запоминающих устройств в вычислительных устройствах.

В данной лабораторной работе исследуется принцип работы **асинхронного RS-триггера** — компонента, который может находиться в одном из двух устойчивых состояний и управляется двумя входными сигналами:

R (от *англ.* Reset — сброс) — переключение триггера в состояние «0»;

S (от *англ.* Set — установка) — переключение триггера в состояние «1».

Составим таблицу истинности, описывающую логику работы асинхронного RS-триггера:

| R | S | Q_{n-1} | \rightarrow | Q_n | Режим |
|-----|-----|-----------|---------------|-------|--|
| 0 | 0 | 0 | | 0 | Хранение информации |
| 0 | 0 | 1 | | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | | 1 | Запись «1» |
| 0 | 1 | 1 | | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | | 0 | Запись «0» |
| 1 | 0 | 1 | | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | | X | Запрещенное состояние (неопределенность) |
| 1 | 1 | 1 | | X | |

Здесь:

R, S — входные сигналы;

Q_{n-1} — предыдущее состояние триггера (до подачи сигналов);

Q_n — последующее состояние триггера (после подачи сигналов).

Асинхронный RS-триггер возможно создать на базе элементов ИЛИ—НЕ. Изобразим принципиальную электрическую схему (рис. 1).

Заметим, что для работы триггера необходим не только активный выход, который совпадает с состоянием триггера (Q), но и инверсный выход (\bar{Q}). Таким образом, триггер может «понимать» свое предыдущее состояние. Для лучшего понимания можно самостоятельно рассмотреть его реализацию на биполярных транзисторах.

Построенное устройство называется «асинхронный RS-триггер» и имеет следующее условное графическое обозначение (рис. 2).

* Материалы к статье можно скачать на сайте ИНФО:
http://infojournal.ru/journals/school/school_08-2017/

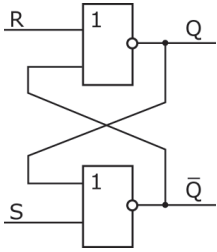


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема

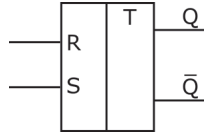


Рис. 2. Условное графическое обозначение RS-триггера

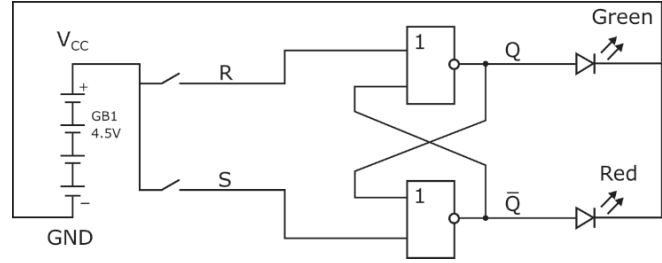


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема модели RS-триггера

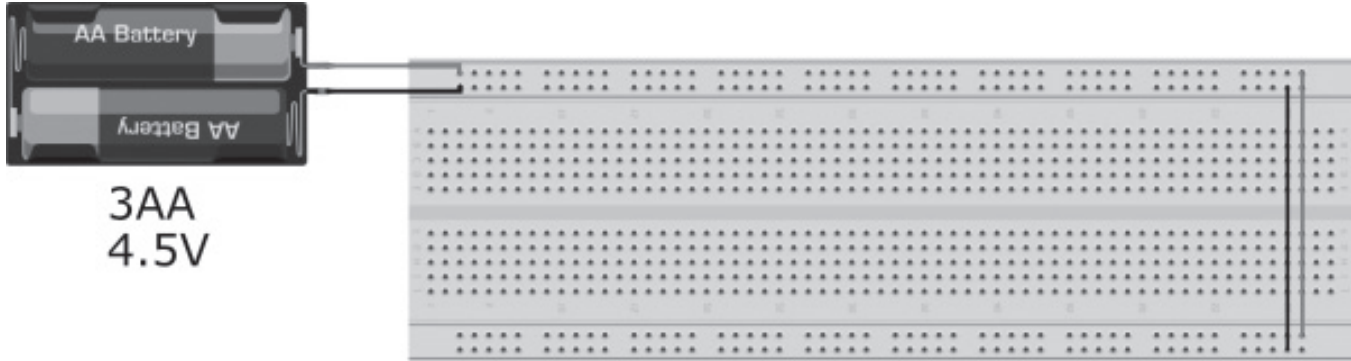


Рис. 4

Отметим, что триггер, построенный на элементах ИЛИ—НЕ, работает на уровне высоких сигналов, т. е. его активный уровень — это логическая единица «1». Такой триггер удобен для использования в демонстрационных целях. На практике возможна реализация триггера на элементах И—НЕ, но его активный уровень будет совпадать с логическим нулем «0», т. е. он работает на уровне низких сигналов, что неудобно для демонстрации.

Кстати! У триггера существует еще одно название — «бистабильная ячейка» (компонент, который может находиться в двух стабильных состояниях). Различают дизъюнктивную бистабильную ячейку (на элементах ИЛИ—НЕ) и конъюнктивную бистабильную ячейку (на элементах И—НЕ).

На основе логической схемы запишем **характеристическое уравнение асинхронного RS-триггера**, построенного на элементах ИЛИ—НЕ:

$$Q_n = \overline{R + \overline{Q_n}} = \overline{R + \overline{Q_{n-1}} + S} = \overline{R + \overline{Q_{n-1}} \cdot \overline{S}} = \overline{R} \cdot (Q_{n-1} + S).$$

Наша **задача**: создать электрическое устройство, иллюстрирующее принцип работы асинхронного RS-триггера.

Рассмотрим **логику его работы**:

1. Подача входных сигналов *R* и *S* будет осуществляться нажатием соответствующей кнопки, причем если кнопка нажата, то подается сигнал «1», если не нажата — сигнал «0».
2. Выходные сигналы будут проиллюстрированы с помощью двух светодиодов — зеленого для активного выхода *Q* и красного для инверсного выхода.

На основании данной логики изобразим **принципиальную схему устройства** (рис. 3).

Оборудование для лабораторной работы:

- макетная плата Breadboard 830 — 1 шт.;
- батарейный отсек 3×AA — 1 шт.;
- элемент питания AA — 3 шт.;

- микросхема стандартной логики: SN74HC02N (4×2 ИЛИ—НЕ) — 1 шт.;
- кнопка с фиксацией — 2 шт.;
- светодиоды — 2 шт.;
- комплект проводов-перемычек «папа—папа» — 1 уп.

Ход лабораторной работы.

1. Перед началом работы убедитесь, что переключатель на батарейном отсеке стоит в положении OFF. Вставьте три элемента питания AA в батарейный отсек.

2. Сначала обеспечьте макетную плату питанием и «землей» (рис. 4).

- Подключите **красный** провод батарейного отсека к шине, обозначенной красной линией.
- Для того чтобы питание было доступно с двух сторон макетной платы, соедините верхнюю шину питания с нижней красным проводом.
- Аналогично подключите черный провод («землю») на шины, обозначенные синей линией.

Внимание! В случае, если макетная плата имеет «разрывы» в других местах, точно так же перекиньте питание и «землю» с помощью проводов.

3. Смонтируйте на макетной плате две кнопки, как показано на рисунке 5.

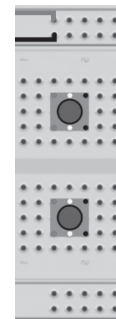


Рис. 5

Таким образом, каждый из контактов кнопок будет независим. Сверху и снизу обязательно должны остаться свободные пины*.

4. К каждой кнопке подведите питание и заземлите кнопки (рис. 6).

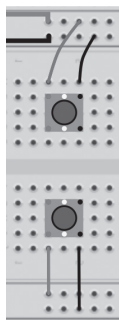


Рис. 6

5. Посередине платы установите два светодиода — зеленый и красный — и заземлите их (рис. 7).



Рис. 7

Зеленый светодиод говорит нам о состоянии триггера: если он горит, то триггер хранит «1», если нет — триггер хранит «0». Соответственно, красный светодиод всегда хранит противоположное значение.

6. Смонтируйте микросхему SN74HC02N (ИЛИ–НЕ), как показано на рисунке 8.

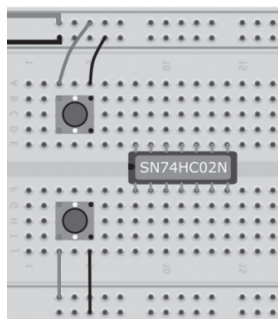


Рис. 8

7. Согласно DataSheet подключите питание (пин № 14) и «землю» (пин № 7) (рис. 9).

8. Расположенные слева кнопки будут отвечать за подачу сигналов: верхняя — за сигнал R (Reset), нижняя — за сигнал S (Set).



Рис. 9

9. Тот вход микросхемы, который напрямую подключается к R , будем называть *обработчиком сигнала R* . Вход, который напрямую подключается к S , будем называть *обработчиком сигнала S* .

10. Пора приступить к подключению всех компонентов согласно принципиальной схеме. Старайтесь использовать одноцветные провода-перемычки для одних и тех же каналов.

Выход R подключите к входу 11 «ИЛИ–НЕ» (рис. 10).

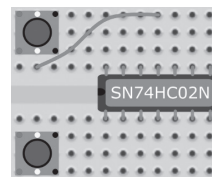


Рис. 10

Сигнал из выхода 13 «ИЛИ–НЕ» будет в дальнейшем подаваться на зеленый светодиод, но светодиоды мы подключим в самом конце.

11. Выход S подключите к входу 2 «ИЛИ–НЕ» (рис. 11).

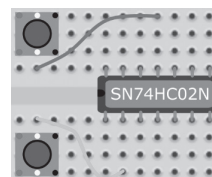


Рис. 11

12. Результат обработки сигнала S необходимо отправить на вход обработчика сигнала R . Для этого соедините выход 1 «ИЛИ–НЕ» с входом 12 «ИЛИ–НЕ» (рис. 12).

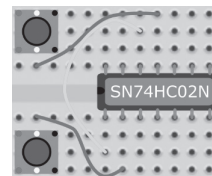


Рис. 12

13. Аналогично результат обработки сигнала R необходимо отправить на вход обработчика сигнала S . Для этого соедините выход 13 «ИЛИ–НЕ» с входом 3 «ИЛИ–НЕ» (рис. 13).

* Пин (от *англ.* pin — штырек) — отверстие на макетной плате.

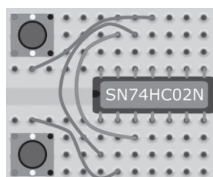


Рис. 13

14. Остается подключить светодиоды. Зеленый светодиод нужно соединить с выходом обработчика сигнала R . Подключите выход 13 «ИЛИ–НЕ» к зеленому светодиоду (рис. 14).

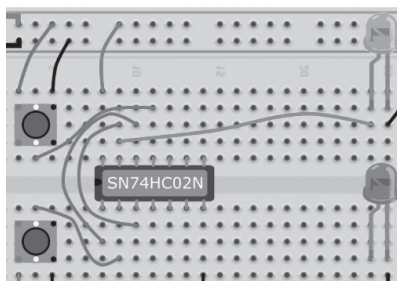


Рис. 14

15. Аналогично подключите красный светодиод. Соедините выход 1 «ИЛИ–НЕ» с красным светодиодом (рис. 15).

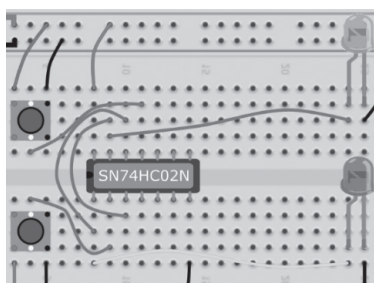


Рис. 15

Проверьте еще раз все подключения и расположение элементов согласно общей схеме.

Приложения

Схема соединения шин макетной платы

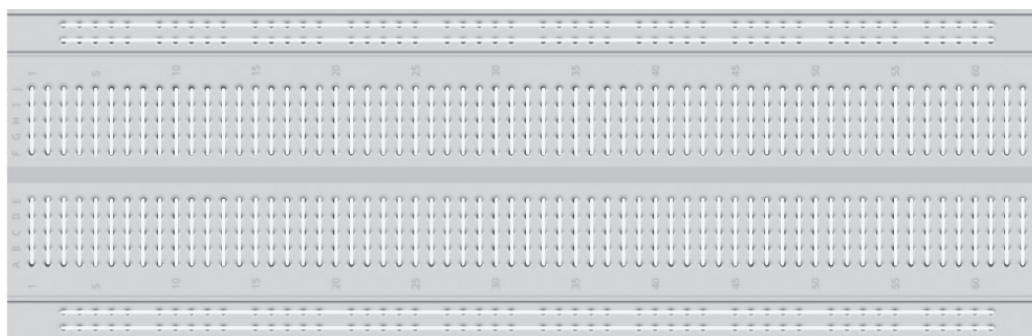


Рис. 17

Задания.

1. Проведите эксперименты, проверив все состояния триггера, и заполните таблицу истинности.

| Исходное состояние | | R | S | Новое состояние | | Режим |
|--------------------|--------------------|-----|-----|-----------------|--------------------|-------|
| Q (Green) | \bar{Q} (Red) | | | Q (Green) | \bar{Q} (Red) | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | | |

2. Рассмотрите принципиальную схему асинхронного RS-триггера, построенного на элементах «И–НЕ» (рис. 16), и выведите для него характеристическое уравнение.

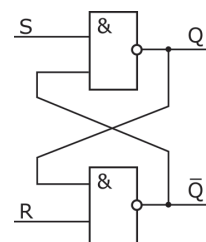


Рис. 16

$Q_n =$ _____

3. Каким будет принцип действия асинхронного RS-триггера, построенного на элементах «И–НЕ», относительно построенного на элементах «ИЛИ–НЕ»: обратным, противоположным, контрапозитивным?

Ответ: _____

Общий вид модели асинхронного RS-триггера

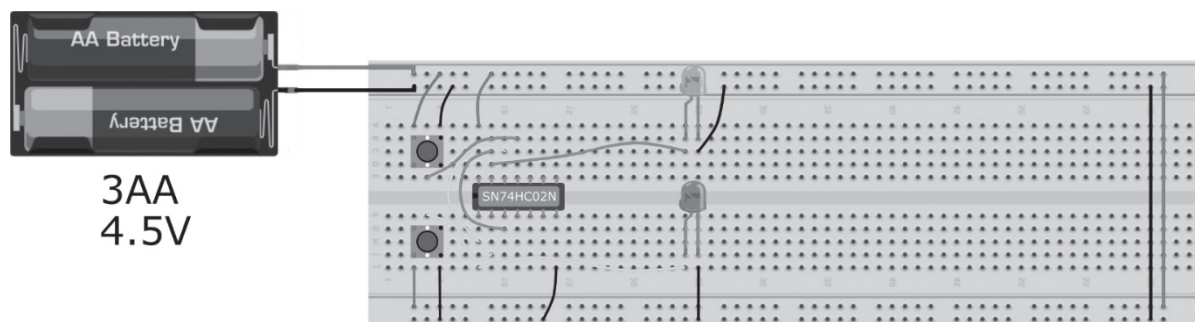


Рис. 18

Приложение 3

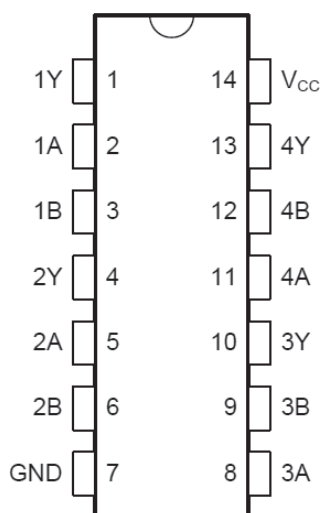
DataSheet Texas Instruments SN74HC02N
«ИЛИ–НЕ»

Рис. 19

Контакты элемента «Кнопка с фиксацией»

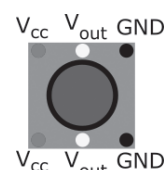


Рис. 20

Приложение 5

Контакты элемента «Светодиод»

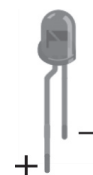


Рис. 21

Список использованных источников

1. Андреева Е. В., Босова Л. Л., Фалина И. Н. Математические основы информатики. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.

2. Королева Л. В., Петрова Е. Б. Основы микроэлектроники: учебное пособие для студентов педагогических вузов. М.: Карпов Е. В., 2016.

3. Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика: учебник для 10 класса: в 2 ч. Ч. 1 (углубленный уровень). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.

4. Самылкина Н. Н., Калинин И. А. Информатика: учебник для 10 класса (углубленный уровень). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.

5. «Чип и Дип». <https://www.chipdip.ru/>

6. Texas Instruments. <http://www.ti.com/>