

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

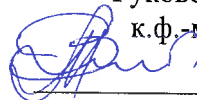
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент



В.А. Мещеряков

«23» января 2023 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

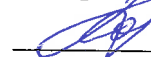
**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ
LabVIEW и NI ELVIS III**

по основной образовательной программе подготовки специалиста
по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Ковыршин Юрий Дмитриевич

Руководитель ВКР

канд. физ. мат. наук, доцент

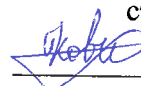


С.Н. Торгаев

«__» января 2023 г.

Автор работы

студент группы № 779



Ю.Д. Ковыршин

Томск-2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП

 к.ф.-м.н., доцент
В.А. Мещеряков
«20» декабря 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу
студенту 07709 группы Ковыршину Юрию Дмитриевичу

1. Тема ВКР: Разработка системы для изучения последовательностных цифровых устройств на базе LabVIEW и NI Elvis III

2. Срок сдачи студентом выполненной ВКР:

- а) на кафедре 26.01.2023,
б) в ГЭК 03.02.2023.

3. Краткое содержание работы:

Работа посвящена разработке системы для изучения последовательностных цифровых устройств на базе LabVIEW и NI Elvis III. В ходе работы планируется разработать комплекс программ лабораторных работ по цифровой схемотехнике.

4. Календарный график учебной практики:

- | | |
|---|-------------------------|
| а) Анализ литературы и оформление литературного обзора | 13.10.2022 – 01.10.2022 |
| б) Обзор последовательностных цифровых схем | 14.10.2022– 20.10.2022 |
| в) Освоение комплексной работы LabVIEW и NI Elvis III | 20.10.2022– 01.11.2022 |
| г) Разработка программы в системе LabVIEW, проверка её работоспособности с NI Elvis III | 15.12.2022– 31.11.2022 |
| д) Написание ВКР и сдача в ГЭК | 12.01.2023– 31.01.2023 |
| е) Размещение текста ВКР в электронной библиотеке ТГУ | 26.01.2023 – 01.02.2023 |

5. Дата выдачи задания «20» декабря 2022 г.

Руководитель ВКР – канд. физ.-мат. наук, доцент

Задание принял к исполнению




С.Н. Торгаев

Ю.Д. Ковыршин

АННОТАЦИЯ

Отчет о дипломной работе 2 главы, 39 стр., 42 рис., источников 7.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНАЯ ЛОГИКА, NI ELVIS III, LABVIEW,
ТРИГГЕР, СЧЁТЧИК, РЕГИСТР, ТАКТОВЫЙ ИМПУЛЬС

Объект исследования – последовательностные цифровые устройства.

Цель работы – разработка виртуальных приборов на базе LabVIEW и NI ELVIS III для изучения последовательностных цифровых устройств.

В результате работы:

- а) проведен обзор современных источников по теме работы;
- б) изучены принципы совместной работы LabVIEW и NI Elvis III;
- в) проведён анализ последовательностных цифровых устройств;
- г) разработан виртуальный прибор в среде LabVIEW для работы на аппаратных средствах NI Elvis III с триггерами, счётчиками и регистрами.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1 Обзор литературы	6
1.1 LabVIEW	6
1.1.1 История разработки LabVIEW	6
1.1.2 Программа LabVIEW	7
1.2 Аппаратная платформа NI ELVIS III	8
1.2.1 Основные возможности и архитектура аппаратной платформы NI ELVIS III	9
1.3 Последовательностная логика	13
1.3.1 Триггеры.....	13
1.3.1.1 RS-триггер	14
1.3.1.2 D-триггер	17
1.3.1.3 Т-триггер	18
1.3.1.4 JK-триггер	21
1.3.2 Счётчики	22
1.3.3 Регистры.....	24
Глава 2 Описание программы.....	27
2.1 Программа для работы с триггерами	27
2.2 Программа для работы со счётчиком	30
2.3 Программа для работы с регистром.....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Виртуальные приборы, являющиеся неотъемлемой частью продуктов National Instruments, таких как Labview и Elvis III, позволяют усовершенствовать учебный процесс студентов. Они позволяют экспериментам быть гибкими и адаптируемыми, комбинировать операции управления, автоматизации и управления. Совокупная работа Labview и NI Elvis III расширяют возможности пользователя в проведении экспериментов, в частности лабораторных работ.

В образовательном процессе особенно важно учитывать его доступность, а также удобство для студента. С помощью LabVIEW и NI Elvis III можно реализовывать виртуальные приборы с различными сценариями выполнения где для удобства наглядность процесса вынесена на лицевую панель.

Актуальность работы заключается в адаптации комплекса лабораторных работ под LabVIEW и NI Elvis III для более доступного освоения цифровых устройств, основой которых является последовательностная логика.

Целью работы является разработка виртуальных приборов на базе LabVIEW и NI ELVIS III для изучения последовательностных цифровых устройств.

Задачи, которые ставит перед собой данная работа:

- разработка виртуального прибора для работы с триггерами;
- разработка виртуального прибора для работы с счётчиками;
- разработка виртуального прибора для работы с регистрами.

Глава 1 Обзор литературы

1.1 LabVIEW

LabVIEW – продукт компании National Instruments, который представляет собой открытую среду графического программирования приложений. Стоит отметить, что само название LabVIEW является аббревиатурой от Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. В самом названии уже прослеживается ориентация на лабораторные исследования, измерения и сбор данных. Данное программное обеспечение позволяет выстраивать высокопроизводительные системы измерения с использованием персонального компьютера.

1.1.1 История разработки LabVIEW

Самая первая версия Labview увидела свет в 1986 году. Предпосылкой для создания данного продукта являлась заинтересованность в компании National Instruments в сокращении времени, которое необходимо для программирования измерительных систем. Основная концепция виртуальных приборов – интуитивный интерфейс лицевой панели и блок-диаграммное программирование с широкими возможностями. Первая версия была доступна только на MacOS, поскольку графическая оболочка операционной системы лучше всех подходила технологиям LabVIEW. Для операционной системы Windows программа вышла в 1992 году, после перехода детища Microsoft на новую открытую архитектуру.

Основной особенностью третьей версии LabVIEW, которая увидела свет в 1993 году, являлась межплатформенная совместимость. Данная особенность позволяла пользователям не ограничивать себя в выборе операционной системы, поскольку виртуальные приборы без проблем функционировали как на Windows, так и на MacOS.

Стоит отметить особый вид LabVIEW, который называется LabVIEW RT, где Real Time означает реальное время. Данное программное обеспечение объединяет в себе аппаратное и программное обеспечение. С помощью LabVIEW RT позволяет выполнять отдельные части кода на отдельном контроллере, который работает на собственной операционной системе реального времени. LabVIEW является мощным инструментом программирования, пригодным для решения практически любых задач, например, компьютерного моделирования, тем не менее

он чаще всего используется для сбора экспериментальных данных и управления приборами и установками, и поэтому содержит множество виртуальных приборов, разработанных специально для этой цели. Например, LabVIEW может управлять встраиваемыми многофункциональными устройствами сбора данных (plug-in data acquisition - DAQ), которые предназначены для ввода и/или вывода аналоговых и цифровых сигналов. Например, вы можете совместно использовать многофункциональные платы и LabVIEW для мониторинга температуры, формирования управляющих сигналов для экспериментальной установки или определения частоты неизвестного сигнала.

1.1.2 Программа LabVIEW

NI LabVIEW – это среда разработки, в которой разрабатываемые модули называются виртуальными приборами («Virtual Instruments»). В свою очередь, каждый VI состоит из лицевой панели и блок-диаграммы (рисунок 1).

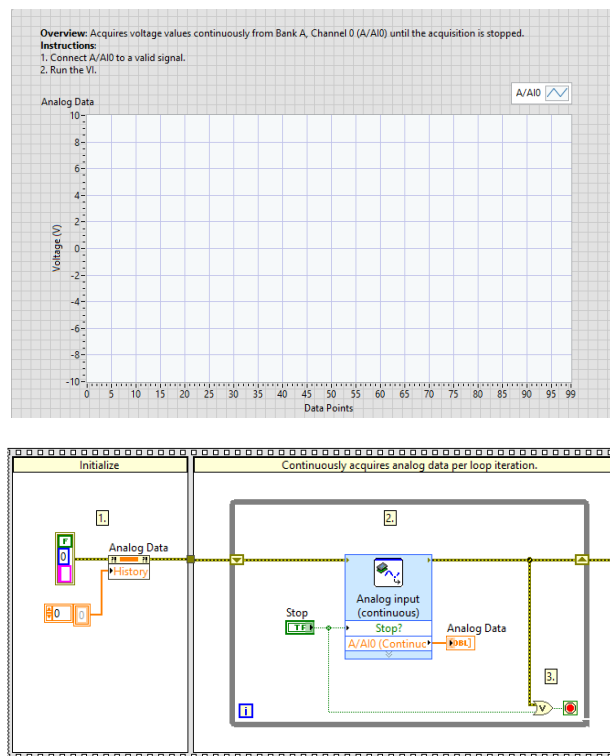


Рисунок 1 – Лицевая панель и блок-диаграмма LabVIEW

Лицевая панель (Front Panel) является интерактивным пользовательским интерфейсом разрабатываемого виртуального прибора. На ней отображаются элементы управления, графические индикаторы и т.д. Это позволяет пользователю только с помощью мыши и клавиатуры ввести данные, а затем пронаблюдать результаты действия программы на своём мониторе.

Блок-диаграмма (Block Diagram), в свою очередь – программный код VI, созданным на языке графического программирования LabVIEW. В узких кругах он получил название «G». Состоит блок-диаграмма из виртуальных приборов более низкого уровня, констант, структуры управления выполнением программы, а также встроенных функций LabVIEW. Данные с лицевой панели поступают на блок-диаграмму через терминалы.

Можно ли назвать LabVIEW языком программирования? Это является спорным вопросом. С одной стороны, он не имеет стандарта, с другой стороны, в данный язык от версии к версии появляются новые конструкции.

Впрочем, надо заметить, что LabVIEW входит в рейтинг языков программирования TIOBE, занимая на данный момент тридцатое место — где-то между Прологом и Фортраном.

1.2 Аппаратная платформа NI ELVIS III

Комплект виртуальных измерительных приборов для учебной лаборатории NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite III (NI ELVIS™ III) представляет собой инженерное решение для проектного обучения.

Он объединяет в себе типовые лабораторные измерительные приборы, гибкий аналоговый и цифровой ввод и вывод, а также высокопроизводительный встраиваемый контроллер. Открытая программная архитектура поддерживает широкий спектр экспериментальных исследований, позволяя студентам быстро изучать основные принципы с помощью готовых приложений и базового программирования API, или переходить к низкоуровневому программированию встраиваемого процессора и FPGA. Съёмная макетная плата может быть заменена широким набором прикладных плат для конкретной прикладной области, вместе с ресурсами обучающих курсов, охватывающими такие дисциплины, как электротехника, машиностроение и др

NI ELVIS III обеспечивает функциональность и удобное непосредственное подключение к прикладной плате с помощью разъемов с высокой плотностью контактов для управления вводом и выводом, стандартных промышленных разъемов для входов и выходов измерительных приборов и стандартных коммуникационных портов для управления NI ELVIS (рисунок 2).

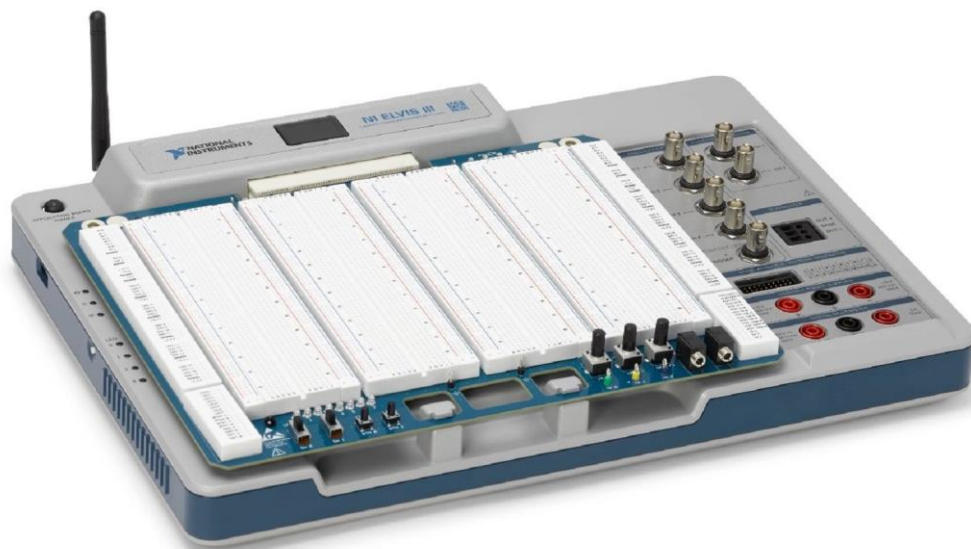


Рисунок 2 – Аппаратная платформа NI ELVIS III

1.2.1 Основные возможности и архитектура аппаратной платформы NI ELVIS III

Рабочая станция для инженерных лабораторий, управляемая через USB, Ethernet или WiFi;

Полный набор лабораторных измерительных приборов:

- осциллограф;
- генератор сигналов стандартной и произвольной формы;
- цифровой мультиметр;
- регулируемые источники питания;
- логический анализатор и генератор цифровых последовательностей;
- анализатор вольтамперных характеристик;
- анализатор амплитудно-частотных характеристик (анализатор Боде).

Гибкий ввод-вывод для управления и измерения:

- аналоговый ввод;
- аналоговый вывод;
- цифровой ввод/вывод;
- нерегулируемые источники питания.

Высокопроизводительный RIO контроллер:

- поддержка программирования в LabVIEW и в LabVIEW FPGA;

- модульные прикладные платы;
- макетная плата, по умолчанию;
- множество прикладных плат для различных областей применения

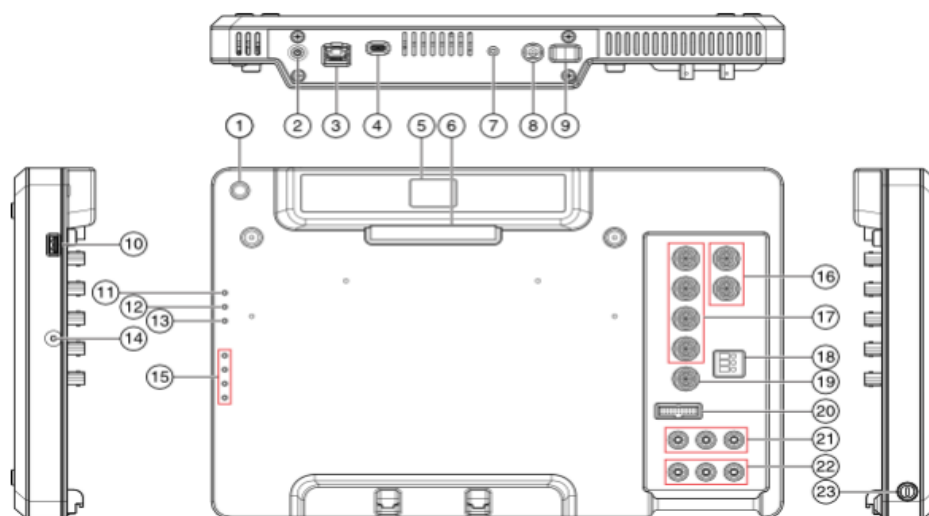


Рисунок 3 – Аппаратная платформа NI ELVIS III

1. Кнопка/светодиод питания макетной платы;
2. разъем для антенны WiFi;
3. порт Ethernet;
4. порт устройства USB;
5. светодиодный дисплей;
6. разъем для прикладной платы;
7. кнопка RESET (сброс);
8. разъем для источника питания;
9. выключатель питания рабочей станции;
10. хост-порт USB;
11. светодиод питания рабочей станции;
12. светодиод Status (состояние);
13. светодиод WiFi;
14. кнопка, программируемая пользователем (Button 0);
15. светодиод, программируемый пользователем;
16. разъемы BNC генератора сигналов;
17. разъемы BNC осциллографа;
18. винтовые клеммы анализатора вольтамперных характеристик;
19. разъем BNC сигнала запуска;

20. 20-контактный разъем логического анализатора/генератора цифровых последовательностей;

21. гнезда типа "банан" регулируемого источника питания;

22. гнезда типа "банан" цифрового мультиметра;

23. предохранитель цифрового мультиметра;

NI ELVIS III предлагает множество вариантов программного обеспечения для управления оборудованием. Доступ к приборам может осуществляться интерактивно с помощью программных лицевых панелей (SFP), которые запускаются из Measurements Live в вашем браузере. Доступ к каналам ввода-вывода измерительных приборов и к каналам ввода-вывода управления NI ELVIS III может осуществляться программно из приложения LabVIEW RT, выполняющегося на встраиваемом процессоре. Доступ низкого уровня к каналам ввода-вывода управления NI ELVIS III можно также получить программно из приложения LabVIEW FPGA, выполняющегося во встроенной FPGA.

По умолчанию к устройству подключена макетная плата NI ELVIS III, которая обеспечивает простое подключение к доступным входам/выходам через разъемы платы, а также дополнительную пользовательскую периферию, часто используемую в лабораторных работах.

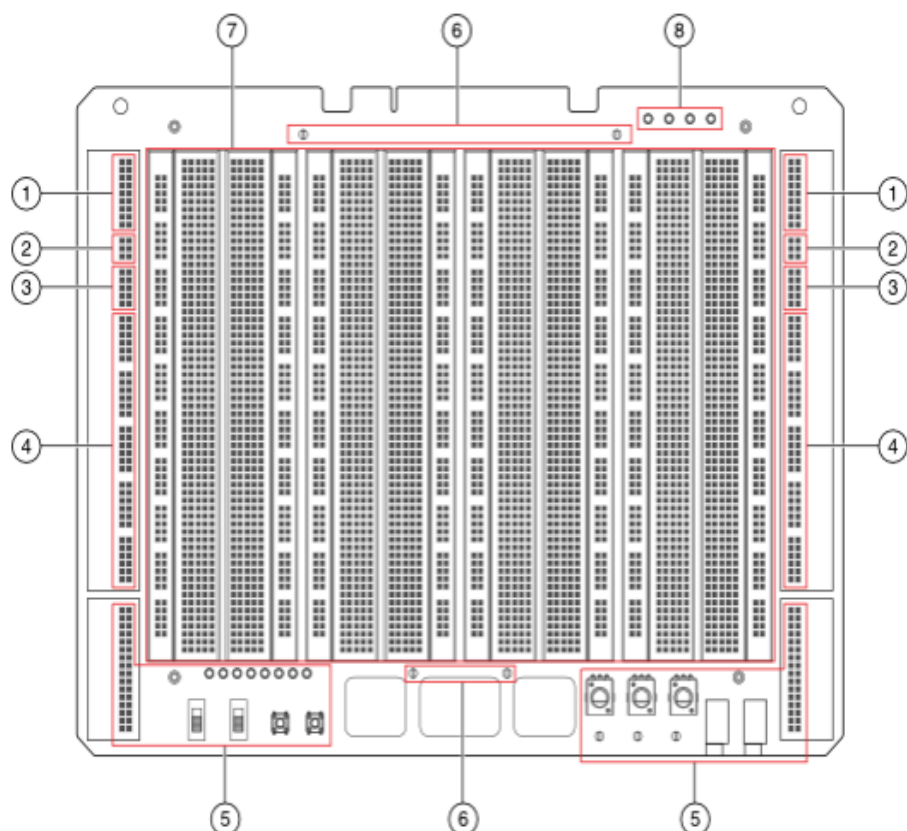


Рисунок 4 – Макетная плата NI ELVIS III

1. Аналоговый ввод;
2. аналоговый вывод;
3. нерегулируемые источники питания;
4. цифровой ввод-вывод;
5. пользовательская периферия;
6. общая точка для цифровых сигналов (цифровая земля);
7. центральная область для сборки схем (область макетирования);
8. светодиоды нерегулируемых источников питания.

1.3 Последовательная логика

1.3.1 Триггеры

Логические элементы служат основой для создания более сложных цифровых устройств, одним из которых является триггер. Триггер – это целый класс электронных устройств, которые могут длительно находиться в одном из двух устойчивых состояний после прекращения сигнала, меняющего состояние. Состояние выхода триггера определяется не только сигналами на его входах, но и предыдущим состоянием устройства. Таким образом, триггер является простейшей однобитной ячейкой памяти.

В основе триггера лежит бистабильная ячейка – схема, которая может находиться только в двух устойчивых состояниях (рисунок 5).

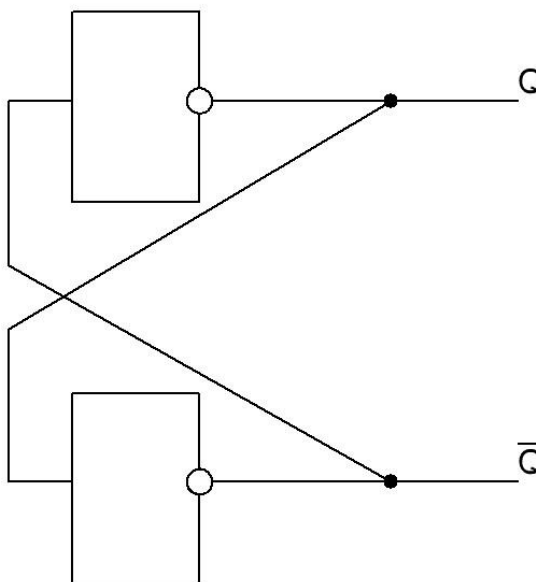


Рисунок 5 – Бистабильная ячейка

Два устойчивых состояния: первое $Q=1, \bar{Q}=0$, второе $Q=0, \bar{Q}=1$.

Состояния $Q=1, \bar{Q}=1$ или $Q=0, \bar{Q}=0$ внутренне противоречивы и не могут быть реализованы. Поэтому выходы так и обозначают: Q и Q с инверсией.

Триггер – управляемая бистабильная ячейка. Например, на элементах ИЛИ-НЕ (хотя можно и на элементах И-НЕ). Пример такого устройства представлен на рисунке 6.

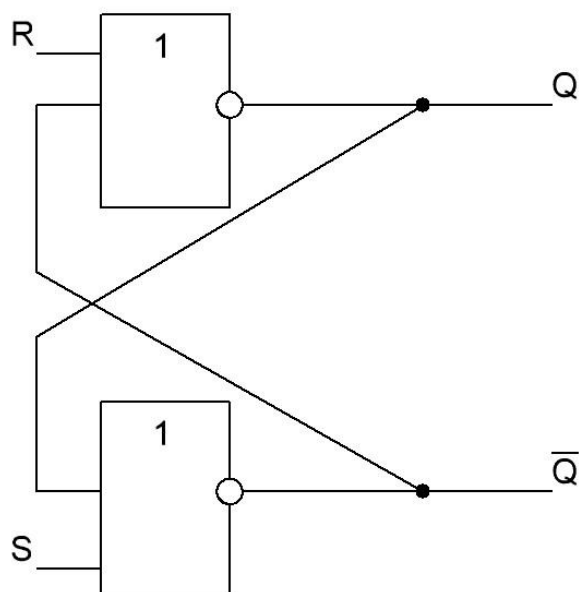


Рисунок 6 – Триггер на элементах ИЛИ-НЕ

S – Set (установка), R – Reset (сброс), при S=R=0 триггер превращается в не стабильную ячейку, сохраняющую своё состояние (это режим хранения информации).

$$S=1, R=0: \bar{Q} = \overline{Q + S} = \overline{Q + 1} = \bar{1} = 0, Q = \overline{R + \bar{Q}} = \overline{0 + 0} = 1$$

$$S=0, R=1: Q = \overline{\bar{Q} + R} = \overline{\bar{Q} + 1} = \bar{1} = 0, \bar{Q} = \overline{S + Q} = \overline{0 + 0} = 1$$

При S=R=1 устанавливает $Q=\bar{Q}=0$, но после снятия внешнего воздействия триггер оказывается в неустойчивом (противоречивом) состоянии, поэтому он самопроизвольно может перейти в одно из двух устойчивых состояний: ($Q=1, \bar{Q}=0$ или $Q=0, \bar{Q}=1$).

1.3.1.1 RS-триггер

Асинхронный RS-триггер имеет два входа S(Set) - установка и R(Reset) - сброс и два выхода прямой - Q и инверсный - $\bar{Q}$. Триггер переходит из текущего состояния X на выходе к состоянию 0, при подаче на вход S нуля и на вход R единицы, а при поступлении на вход S единицы и на вход R нуля триггер переходит к состоянию 1. При нулевых значениях, когда S=R=0 триггер должен сохранять старое значение. Комбинация сигналов S=R=1 не определена. В соответствии с описанием составим таблицу состояний триггера (таблица 1).

Таблица 1 – Состояния асинхронного RS-триггера

S	R	Q^t	Режим
---	---	-------	-------

0	0	Q^{t-1}	Хранение
0	1	0	Сброс в 0
1	0	1	Установка в 1
1	1	-	Запрещено

Схема триггера и его условно-графическое обозначение будет выглядеть, как на рисунке 7.

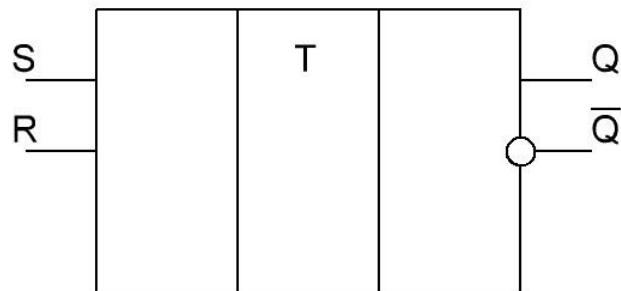


Рисунок 7 – Условно-графическое обозначение асинхронного RS-триггера
Временная диаграмма работы такого триггера представлена на рисунке 8.

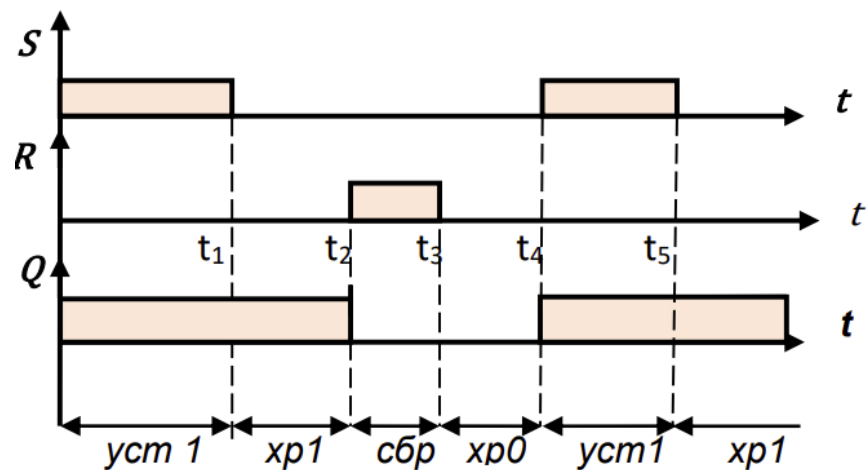


Рисунок 8 – Временная диаграмма асинхронного RS-триггера

Схема RS-триггера позволяет запоминать состояние логической схемы, но так как в начальный момент времени может возникать переходный процесс (в цифровых схемах этот процесс называется "опасные гонки"), то запоминать состояния логической схемы нужно только в определённые моменты времени, когда все переходные процессы закончены.

Это означает, что большинство цифровых схем требуют сигнала синхронизации (тактового сигнала). Все переходные процессы в комбинационной логической схеме должны закончиться за время периода синхросигнала, подаваемого на входы триггеров. Триггеры, запоминающие входные сигналы

только в момент времени, определяемый сигналом синхронизации, называются синхронными. Условно-графическое обозначение устройства представлено на рисунке 9.

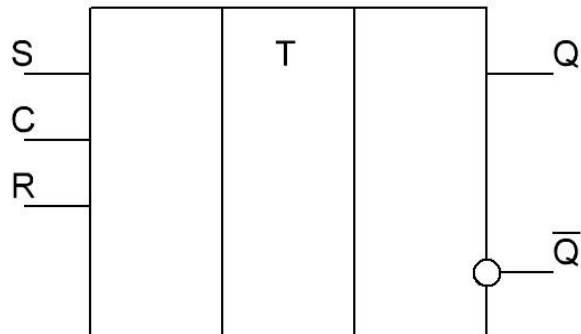


Рисунок 9 – Условно-графическое обозначение синхронного RS-триггера

При $C=0$ сигнал выходы сохраняют старые значения и триггер находится в режиме памяти. При $C=1$ он функционирует, как асинхронный RS-триггер. Триггеры со статическим управлением называют, также "прозрачными", т.к. при активном уровне синхросигнала C , информация с входов беспрепятственно проходит на выходы. Временные диаграммы приведены на рисунке 10.

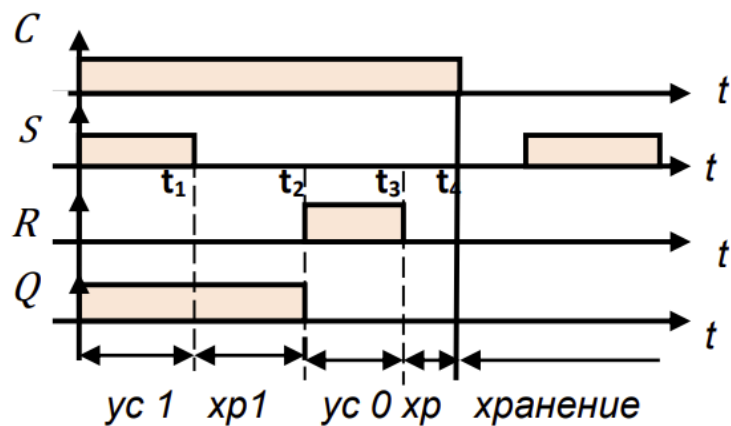


Рисунок 10 – временные диаграммы синхронного RS-триггера.

До момента времени t_4 сигнал $C = 1$ и выходное значение определяется комбинациями сигналов R и S . В течение интервала времени $t_0...t_1$ на входе R действует 1, а сигнал $S = 0$, поэтому Q тоже равно 0. Начиная с момента t_1 и до момента t_2 $R = S = 0$ и действует режим памяти (Q не изменяется). В момент t_2 $R = 0$, а $S = 1$ и триггер устанавливается ($Q = 1$). С момента окончания импульса S и до момента t_3 триггер хранит эту единицу, а в момент t_3 сбрасывается, т.к. $R = 0$, а $S = 1$. Аналогично можно проанализировать и все остальные состояния выхода.

1.3.1.2 D-триггер

Для приема информации по одному входу используются D-триггеры. На рисунке 11 приведено условное обозначение D-триггера на элементах И-НЕ. Триггер D-типа имеет вход С для подачи тактовых импульсов и информационный вход D. D-триггер переходит в единичное состояние $Q = 1$, если в момент прихода синхронизирующего импульса $C = 1$ на его информационном входе единичный сигнал $D = 1$. В этом состоянии триггер остается и после окончания сигнала на входе D до прихода очередного синхронизирующего. Таким образом, D-триггер «задерживает» поступающую на его вход информацию на время, равное периоду синхронизирующих сигналов.

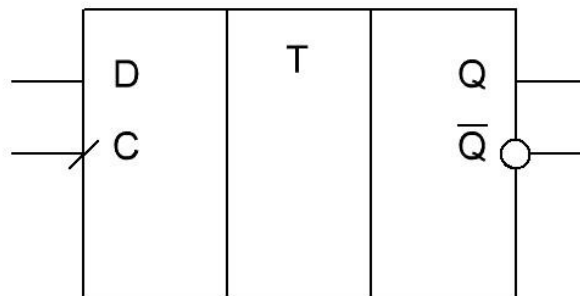


Рисунок 11 – Условно-графическое обозначение D-триггера

Условно-графическое обозначение (УГО) (рисунок 11) D-триггера демонстрирует, что у него вход D является информационным, а второй, обозначенный буквой C, используется для синхронизации записи и позволяет сохранить на выходе состояние, которое было на входе в момент его изменения в 1 (что называется режим «прозрачности»).

Таблица истинности для D-триггера представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Таблица истинности D-триггера

C	D	Q^t	Режим
0	0	Q^{t-1}	Хранение
0	1	Q^{t-1}	Хранение
1	0	0	Что пришло на D, то и вышло на Q
1	1	1	

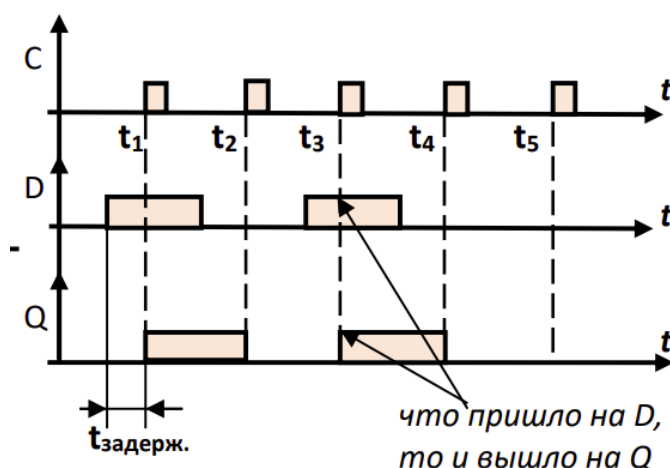


Рисунок 12 – временные диаграммы D-триггера

По этой временной диаграмме (рисунок 12) видно, что триггер-защелка хранит данные на выходе только при нулевом уровне на входе синхронизации. Если же на вход синхронизации подать активный высокий уровень, то напряжение на выходе триггера будет повторять напряжение, подаваемое на его вход.

Входное напряжение запоминается только в момент изменения уровня напряжения на входе синхронизации С с высокого уровня на низкий уровень. Входные данные как бы "защелкиваются" в этот момент, отсюда и название — триггер-защелка.

1.3.1.3 Т-триггер

Т-триггер — это счетный триггер. У данного триггера имеется только один вход. Принцип работы Т-триггера заключается в следующем. После поступления на вход Т импульса, состояние триггера меняется на прямо противоположное. Счётным он называется потому, что Т триггер как бы подсчитывает количество импульсов, поступивших на его вход. Жаль только, что считать этот триггер умеет только до одного. При поступлении второго импульса Т-триггер снова сбрасывается в исходное состояние.

Т-триггеры строятся только на базе двухступенчатых триггеров, подобных рассмотренному ранее D-триггеру. Использование двух триггеров позволяет избежать неопределенного состояния схемы при разрешающем потенциале на входе синхронизации "С", так как счетные триггеры строятся при помощи схем с обратной связью

Т-триггеры используются при построении схем различных счётчиков, поэтому в составе БИС различного назначения обычно есть готовые модули этих триггеров. Условно-графическое обозначение Т-триггера приведено на рисунке 13.

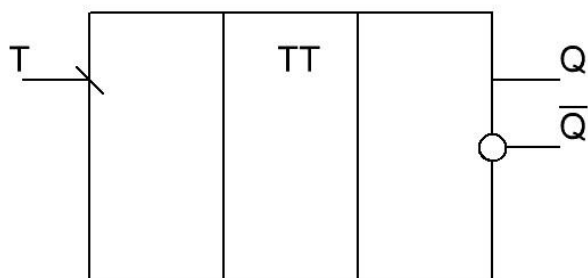


Рисунок 13 - Условно-графическое обозначение Т-триггера

Существует еще одно представление Т-триггера. При разработке схем синхронных двоичных счетчиков важно осуществлять одновременную запись во все его триггеры. В этом случае вход Т-триггера служит только для разрешения изменения состояния на противоположное, а синхронизация производится отдельным входом "С". Подобная схема Т-триггера приведена на рисунке 14.

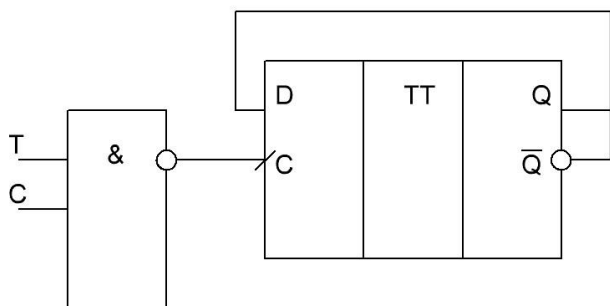


Рисунок 14 - Схема синхронного Т-триггера, построенная на основе D-триггера

Подобная схема счетного триггера может быть реализована и на JK-триггере. Принципиальная схема синхронного Т-триггера, выполненная на JK-триггере показана на рисунке 15.

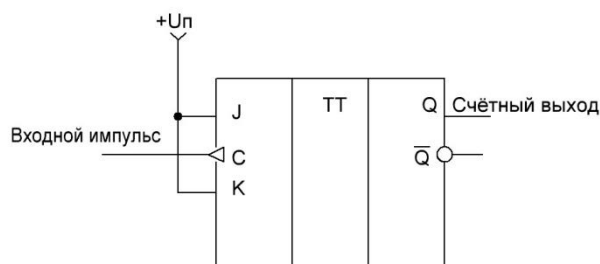


Рисунок 15 - Схема синхронного Т-триггера, построенная на основе JK-триггера

Следует отметить, что реализация Т-триггеров на JK-триггерах более распространена по сравнению с схемами, выполненными на D-триггерах. Именно так строятся цифровые счетчики и делители частоты в современных синтезаторах частот, используемых в качестве задающих генераторов передатчиков и устройств цифровой обработки сигналов, а также гетеродины радиоприемников. Временная диаграмма синхронного Т-триггера приведена на рисунке 16, а его условно-графическое обозначение — на рисунке 17.

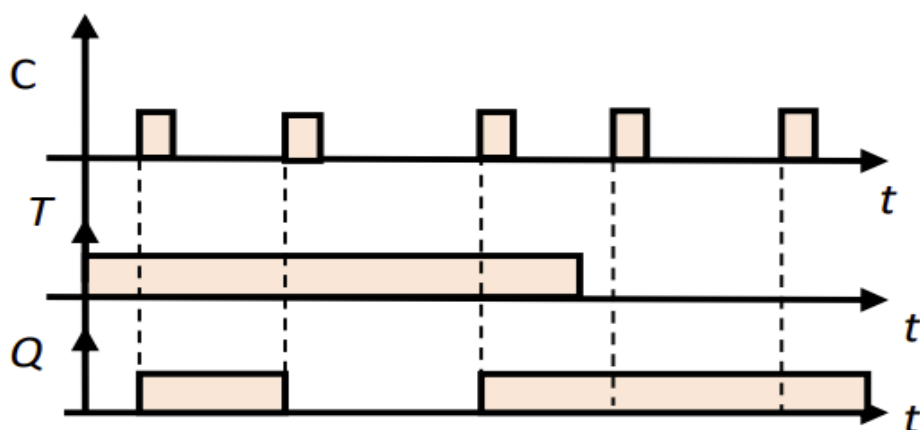


Рисунок 16 - Временные диаграммы синхронного Т триггера

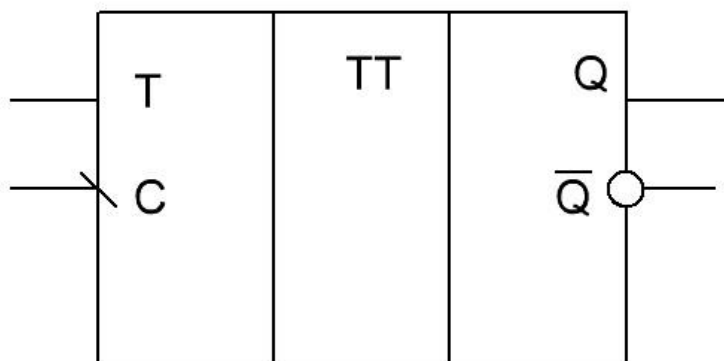


Рисунок 17 - Условно-графическое обозначение синхронного Т-триггера

1.3.1.4 JK-триггер

JK-триггер — это универсальный триггер, на базе которого можно реализовать любой из рассмотренных ранее триггеров. Таблица истинности JK-триггера практически совпадает с таблицей истинности синхронного RS-триггера. Для того чтобы исключить запрещённое состояние, его схема изменена таким образом, что при подаче двух единиц JK-триггер превращается в счётный Т-триггер. Это означает, что при подаче на тактовый вход С импульсов он изменяет своё состояние на противоположное. Таблица истинности JK-триггера приведена в таблице 3.

Таблица 3 – таблица истинности JK-триггера

С	К	J	Q(t)	$\bar{Q}$	Режимы
0	х	х	0	0	Режим хранения информации
0	х	х	1	1	
1	0	0	0	0	Режим хранения информации
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	Режим установки единицы J=1
1	0	1	1	1	
1	1	0	0	0	Режим записи нуля K=1
1	1	0	1	0	
1	1	1	0	1	K=J=1 счётный режим триггера
1	1	1	1	0	

Один из вариантов внутренней схемы JK-триггера приведен на рисунке 18. Он построен по классической двухтактной схеме. Приведенная на рисунке 18 схема удобна для изучения принципов работы данного триггера в счетном режиме.

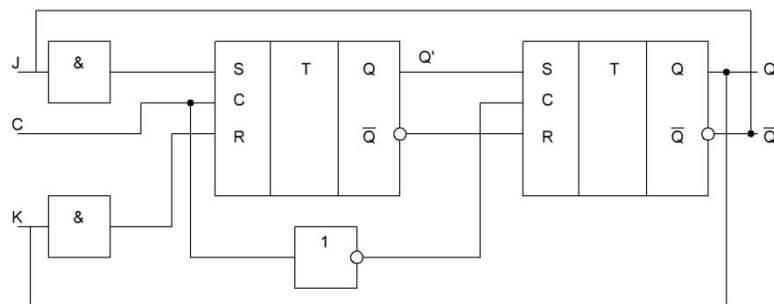


Рисунок 18 - Внутренняя схема JK-триггера

Для реализации счетного режима в схеме введена перекрестная обратная связь с выходов второго триггера на входы R и S первого триггера. Благодаря обратной связи на входах R и S первого триггера никогда не может возникнуть запрещенная комбинация, а то, что она перекрестная, вводит новый режим работы — счетный. При подаче на входы J и K логической единицы одновременно JK-триггер переходит в счетный режим, подобно T триггеру.

Приводить временные диаграммы работы JK-триггера не имеет смысла, так как они совпадают с приведёнными ранее временными диаграммами RS- и T-триггера. Условно-графическое обозначение JK-триггера приведено на рисунке 19.

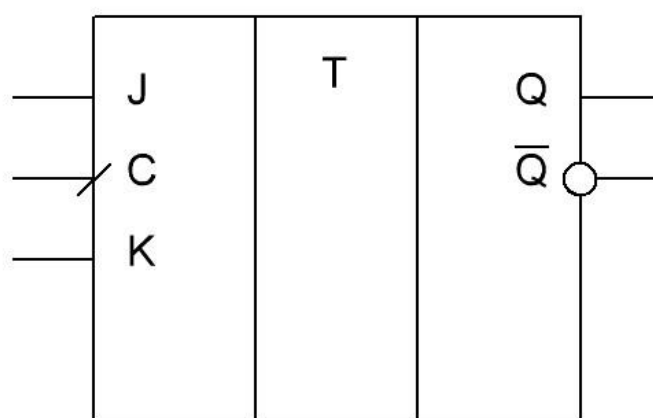


Рисунок 19 - Условно-графическое обозначение JK-триггера

1.3.2 Счётчики

На триггерах можно строить более сложные цифровые устройства, например такие, как счетчики. Как следует из названия, они осуществляют счет входных импульсов в заданном коде и могут хранить результат.

Простейший счетчик с последовательным переносом можно получить с помощью счетных T-триггеров:

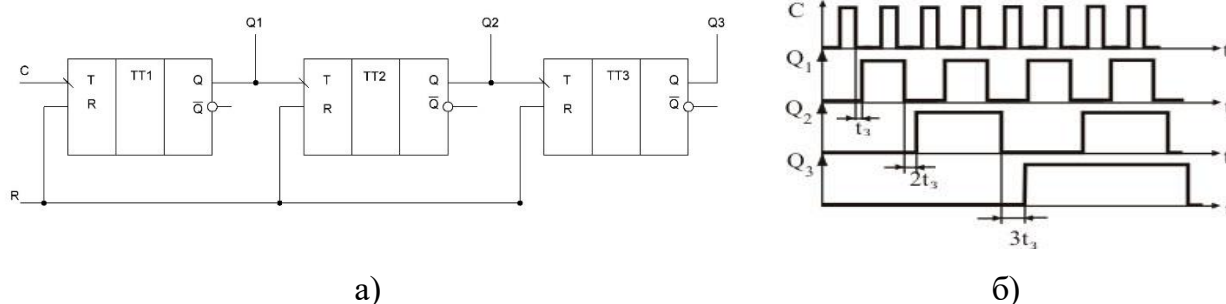


Рисунок 21 – Счётчик с последовательным переносом

Подачей импульса на вход R счетчик приводится в исходное состояние, когда на выходах Q1-Q3 – уровень логического нуля (рисунок 21 а).

На вход С подаются импульсы для счета. С приходом заднего фронта первого импульса первый (левый) по схеме триггер устанавливается в «1». Если читать код справа налево, то он соответствует единице. Для нашего трехразрядного счетчика это код 001. С приходом второго импульса в «1» переключается второй триггер, а первый переключается в «0». Таким образом, код на выходах счетчика будет 010, что соответствует десятичной цифре 2. Следующий импульс установит код 011, то есть 3. Трехразрядный счетчик может досчитать до кода 111, что соответствует десятичной цифре 7. При этом наступает так называемое переполнение счетчика, и с приходом следующего импульса счетчик обнулится.

Поскольку триггеры счетчика соединены последовательно, то и переключаться они будут также последовательно. Этот процесс отображен на графике, из которого видно, что время задержки переключения t_z (рисунок 21 б) будет удваиваться и утраиваться. С увеличением числа разрядов задержка может оказаться неприемлемой, что является недостатком счетчиков с последовательным переносом.

Рассмотрим реальный счётчик 74НС191 (рисунок 22).

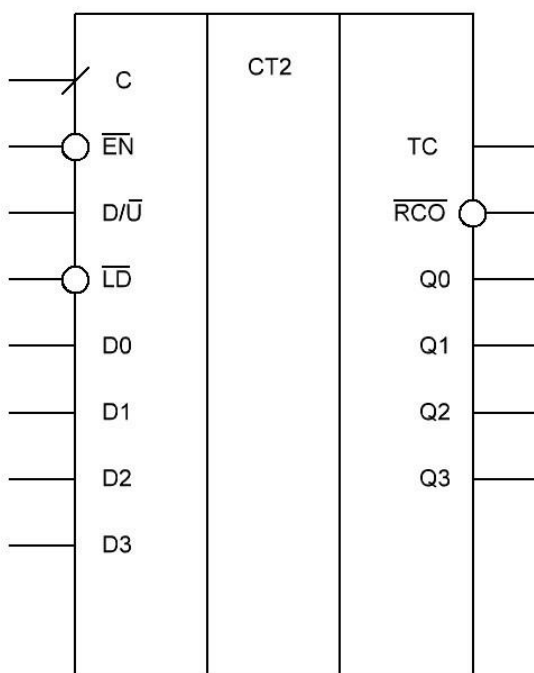


Рисунок 22 – Условно-графическое обозначение счётчика 74НС191

74НС191 – высокоскоростное КМОП устройство. Оно представляет собой асинхронно-настраиваемые 4-разрядные двоичные счётчики увеличения/уменьшения. Возможность асинхронной параллельной загрузки позволяет установить счётчик на любое желаемое число. Информация, присутствующая на параллельных входах данных (от D0 до D3) загружается в счётчик и отображается на выходах, когда вход параллельной нагрузки ($\overline{LD}$) имеет низкий уровень.

Подсчёт управляется через вход $\overline{EN}$ (логический «1» разрешает счёт, логический «0» - запрещает). Вход D/ $\overline{U}$ управляет направлением счёта (логический «1» настраивает счётчик как суммирующий, логический «0» - вычитающий).

1.3.3 Регистры

Еще один класс цифровых устройств, которые можно построить на триггерах - регистры. Регистры предназначены для хранения многобитовой информации, то есть чисел, записанных в двоичном коде.

Рассмотрим трех битовый регистр хранения на D-триггерах (рисунок 23):

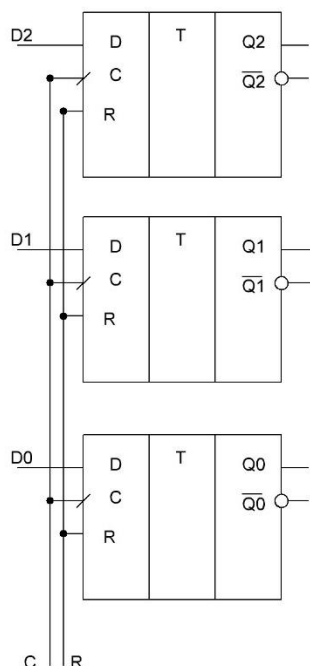


Рисунок 23 – Трех битовый регистр хранения на D-триггерах

Каждый триггер может хранить один разряд (бит) числа. Вход R служит для установки выходов всех триггеров в нулевое (исходное) состояние перед записью числа, которое подается на входы D0, D1 и D2. При подаче импульса на вход C

производится запись информации с этих входов. Информация может храниться сколь угодно долго, пока на вход С не подаются импульсы и подается питание.

Другой разновидностью регистров является регистр сдвига. Он предназначен для преобразования информации путем ее побитного сдвига в ту или иную сторону. На следующем рисунке приведена схема простейшего регистра сдвига информации вправо (рисунок 24):

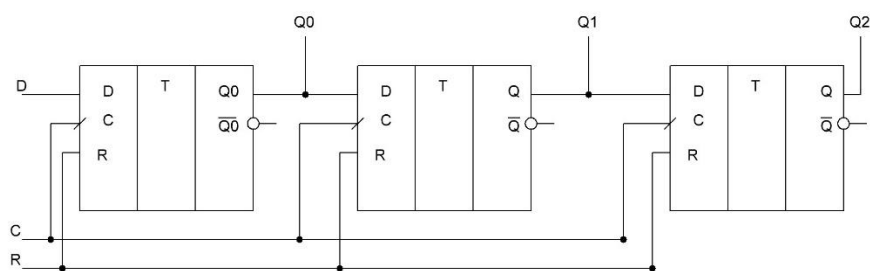


Рисунок 24 – Регистр сдвига информации

В отличие от регистра хранения выход предыдущего триггера соединен с входом последующего. Информация в виде логического уровня подается на вход первого (крайнего слева) триггера. При воздействии импульса на входе С присутствующая на входе D информация записывается в первый триггер. При подаче второго импульса информация из первого триггера переписывается во второй триггер, а в первый записывается информация, которая в этот момент присутствует на входе D, и так далее. Таким образом, с подачей каждого синхроимпульса информация в регистре сдвигается вправо на 1 разряд.

Рассмотрим реальную микросхему регистра 74НС164 (рисунок 25).

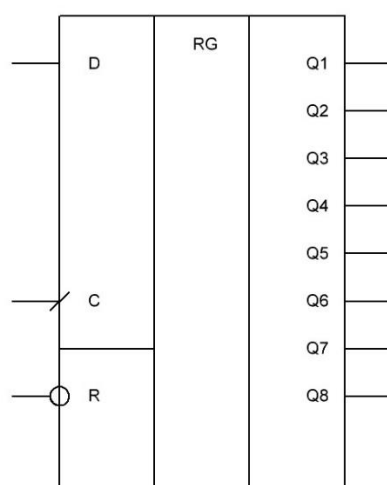


Рисунок 25 – Условно-графическое обозначение регистра 74НС164

Микросхема 74НС164 представляет собой восьмиразрядный последовательный сдвиговый регистр с параллельным выходом. Он обеспечивает последовательную загрузку данных и параллельную выгрузку, а также общий сброс. Данный регистр может применяться в качестве буферного запоминающего устройства для временного хранения данных, а также для преобразования последовательного кода в параллельный.

74НС164 имеет два входа данных D, которые объединены по «И», тактовый вход С, инверсный вход сброса R и параллельные выходы Q1-Q8. Приём данных с входов D и их сдвиг в регистре осуществляется по положительному перепаду уровня сигнала на тактовом входе С.

Таблица истинности для данного регистра представлена в таблице 4.

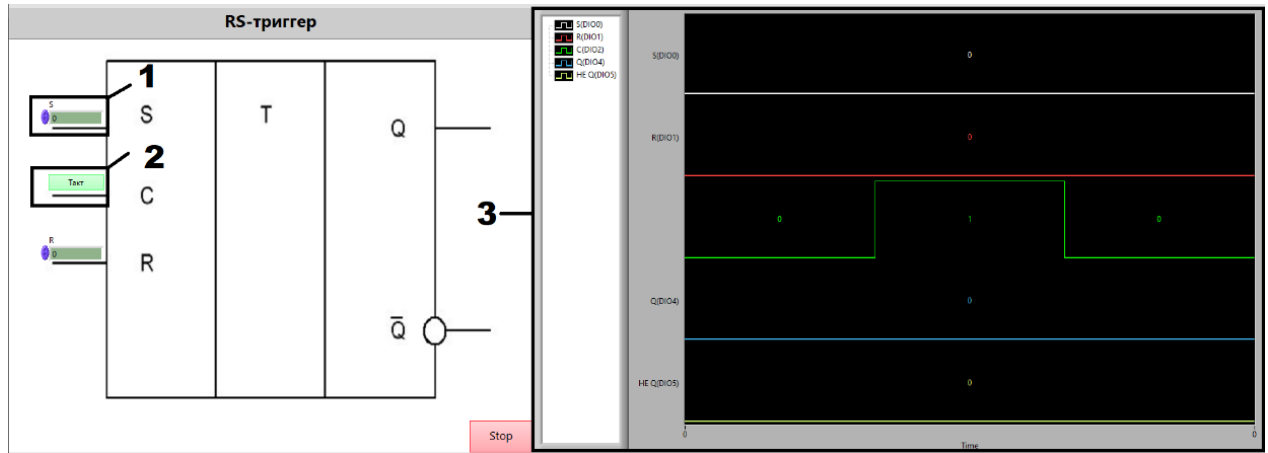
Таблица 4 – таблица истинности регистра 74НС164

Режим	Входы				Выходы							
	R	C	D1	D2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Сброс	0	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0
Хранение	1	0	x	x	Без изменений							
	1	1	x	x	Без изменений							
Сдвиг вправо	1	↑	1	1	1	Q1	Q2	Q3	Q3	Q5	Q6	Q7
	1	↑	0	x	0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
	1	↑	x	0	0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7

Глава 2 Описание программы

2.1 Программа для работы с триггерами

Для каждой лабораторной работы была разработана своя программа. Рассмотрим, что включает в себя виртуальный прибор для работы с RS-,D- и JK-триггерами.



1 – выбор логического значения для входов S и R; 2 – кнопка подачи тактового импульса; 3 – график входных и выходных импульсов

Рисунок 26 – Лицевая панель виртуального прибора (не сокращать)

На лицевой панели (рисунок 26) для каждого из видов триггеров добавлено наименование, условно-графическое обозначение, возможность с лицевой панели выбирать подающийся уровень сигнала на каждый из выходов (цифра 1), а также кнопка «Такт», при нажатии на которую одновременно на вход C подаётся тактовый импульс и запускается работа программы.

Чтобы рассмотреть программную реализацию виртуального прибора, обратимся к блок-диаграмме (рисунки 27-31).

Для генерации импульсов в программу добавлен инструмент Digital Pattern Generator, с помощью которого на каждый из входов триггера подаётся импульс. Мы можем задать количество сигналов, число выборок и, в некоторых режимах, подающееся значение. Данный виртуальный прибор позволяет выбрать режим для импульса: single value, toggle, ramp, random или marching value. Для входа тактового сигнала использован режим «Toggle», который чередует подачу 0 и 1. В качестве входных логических значений для других входов триггера, выбран режим Single Value, который позволяет выбрать значение: 0 или 1.

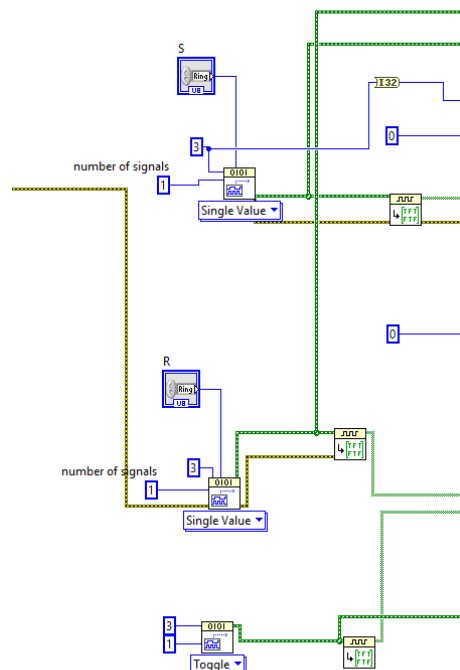


Рисунок 27 – Блок генерации импульса

Для вывода сгенерированного импульса на макетную плату NI Elvis III добавлен элемент, с помощью которого цифровой сигнал конвертируется в двумерный массив 0 и 1 (рисунок 27).

Вывод импульсов на макетную плату и с неё было необходимо поместить в структуру For loop. С её помощью мы можем провести необходимое количество итераций. N в нашем случае будет равно количеству начальных импульсов (рисунок 28).

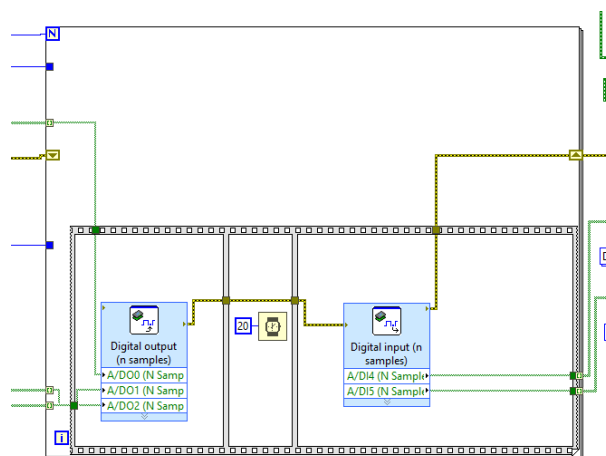


Рисунок 28 – Блок взаимодействия с макетной платой

Полученный массив данных выводится на выходы макетной платы, после чего поступает на подключенную микросхему. Далее, с выходов элемента через соединительные провода, итоговый импульс поступает на вход NI Elvis III. Для того, чтобы полученный результат был наиболее корректным, была добавлена клиповая структура и элемент «Wait», с помощью которого реализована задержка в 20 мс (рисунок 29).

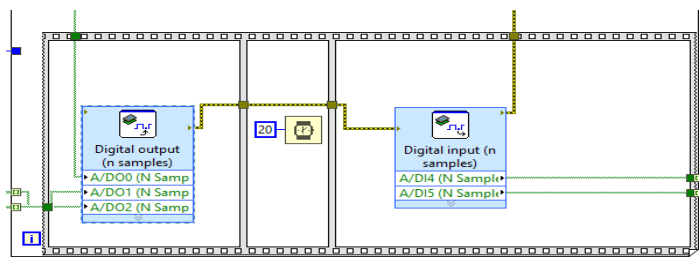


Рисунок 29 – блок взаимодействия с макетной платой

Выходные данные с триггера представляют собой массив 0 и 1. Для того, чтобы на элементе Digital Waveform Graph мы могли увидеть полученный результат, необходимо провести операцию, обратную той, которую мы делали вначале. То есть, массив значений конвертировать обратно в цифровой сигнал, для чего добавлено два виртуальных прибора Boolean array to Digital.vi. Элемент Bungle позволяет нам не добавлять для каждого импульса Digital Waveform Graph, а сделать вывод на один график (рисунок 30).

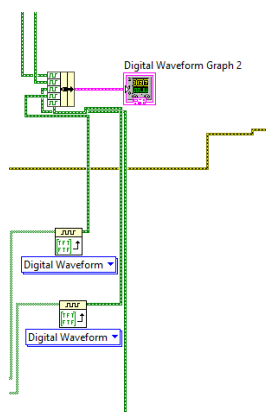


Рисунок 30 – блок графического представления результатов

Финальным этапом разработки виртуального прибора для работы с триггерами является универсальная программа, в которой логические значения подаются в режиме Random, что позволяет посмотреть и проанализировать полученные результаты (рисунок 31).

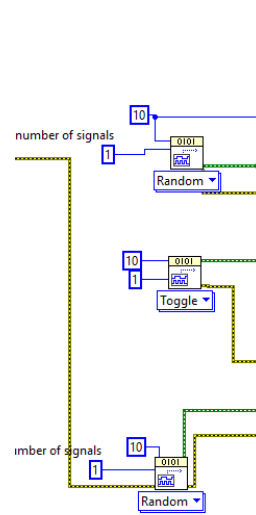
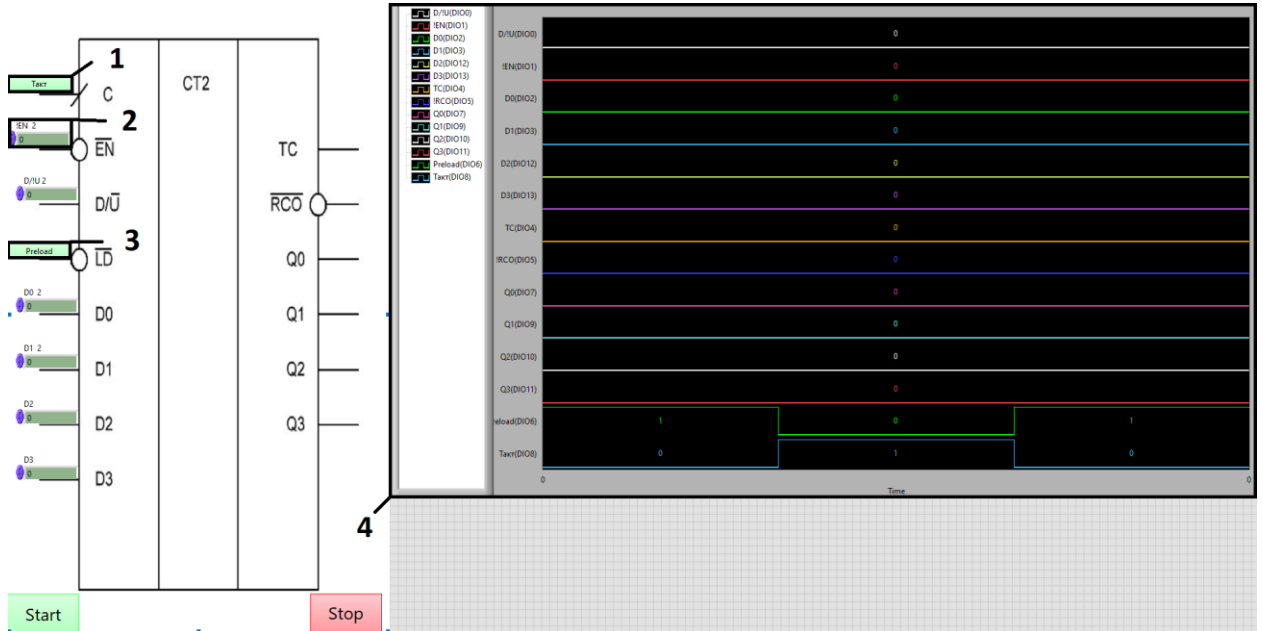


Рисунок 31 – Digital Pattern Generator в режиме Random

Данный этап программы позволяет пользователю независимо от типа триггера пронаблюдать изменения импульса и, на основе полученного результата, сделать собственный вывод.

2.2 Программа для работы со счётчиком

Рассмотрим лицевую панель виртуального прибора для работы с счётчиками.



1 – кнопка подачи тактового импульса; 2 – выбор логического значения для входов; 3 – Кнопка подачи импульса Preload; 4 – график входных и выходных импульсов

Рисунок 32 – Лицевая панель виртуального прибора

Так же, как и в случае программы для работы с триггерами, добавлено условно-графическое обозначение используемого счётчика (рисунок 32), а также:

- Цифрой 1 на рисунке 32 обозначена кнопка, отвечающая за подачу тактового импульса на микросхему;
- цифрой 2 – кнопка, отвечающая за импульс Preload;
- цифрой 3 обозначены инструменты, позволяющие выбирать логическое значение на каждый из входов;
- цифрой 4 – график, на котором можно пронаблюдать входные и выходные значения;

Каждый из элементов лицевой панели реализуется на блок-диаграмме.

Рассмотрим реализацию каждого из элементов на блок-диаграмме.

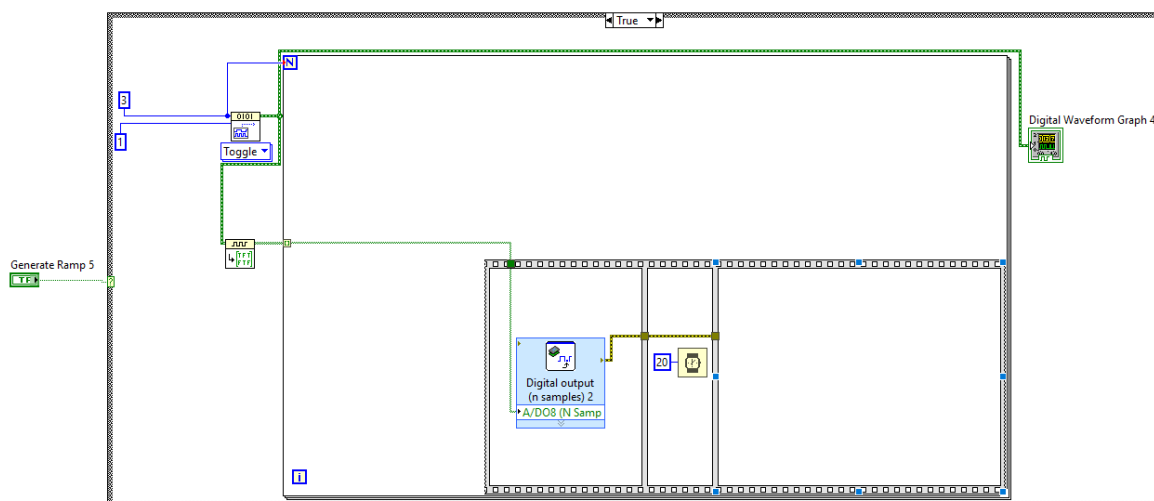


Рисунок 33 – Блок подачи тактового импульса

Для подачи тактового импульса с отдельной кнопки на вход макетной платы добавлена структура Case, в вкладке True происходит выполнение основного предназначения программы (рисунок 33). Тактовый импульс подаётся в режиме Toggle и выводится как на вход макетной платы, так и на отдельный график.

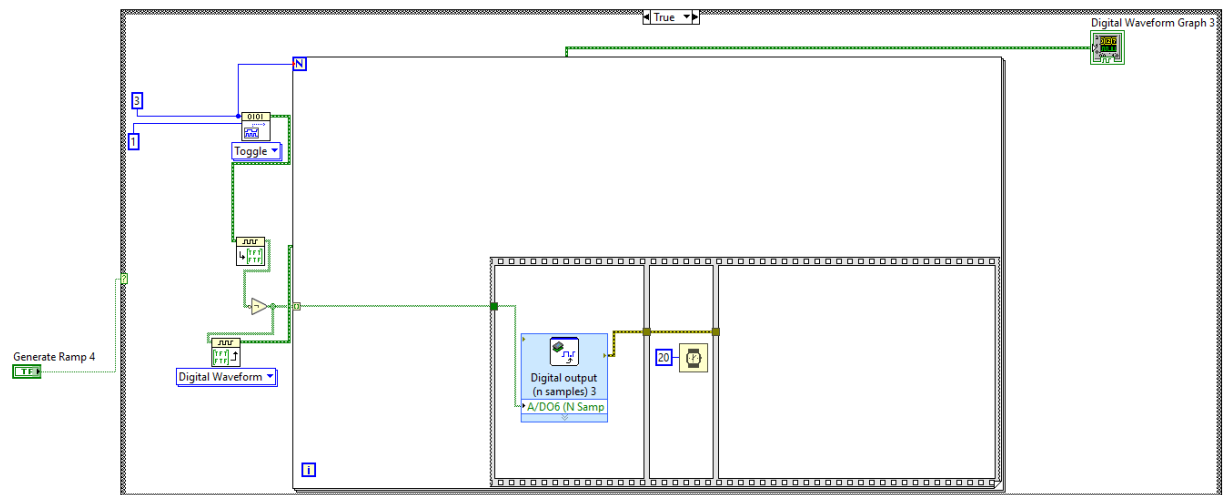


Рисунок 34 – Подача импульса Preload

Импульс Preload подаётся на вход DIO6 макетной платы в режиме Toggle. Поскольку вход на микросхеме является инверсным, то для корректной подачи добавлен элемент NOT, который исходный сигнал преобразуется в обратный (рисунок 34).

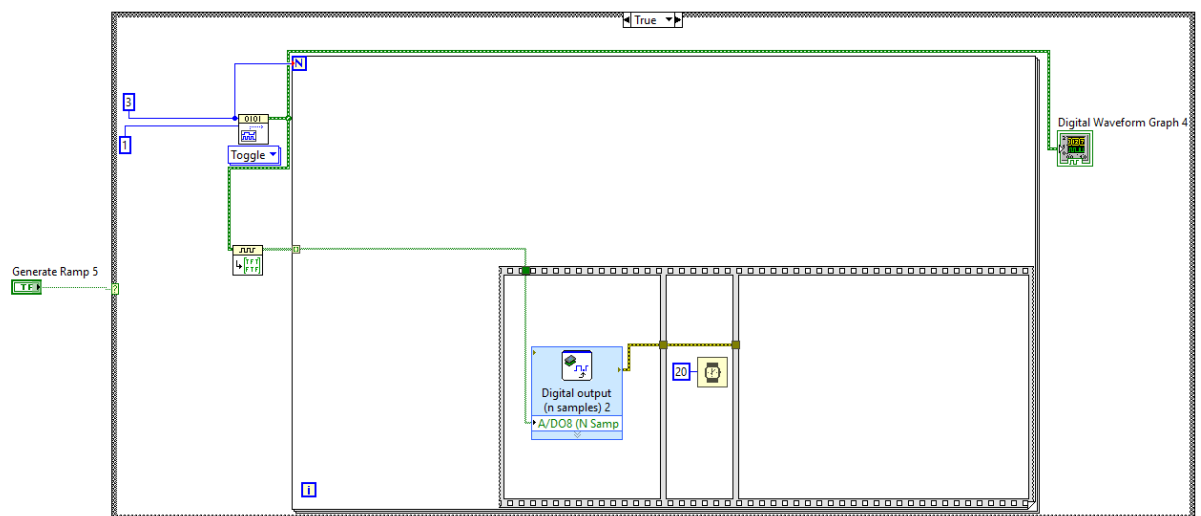


Рисунок 35 – Подача тактового импульса

Подача тактового импульса на вход DIO8 макетной платы (рисунок 35) осуществляется так же в режиме Toggle, подобно предыдущей лабораторной работе, выводится на общий график Digital Waveform Graph.

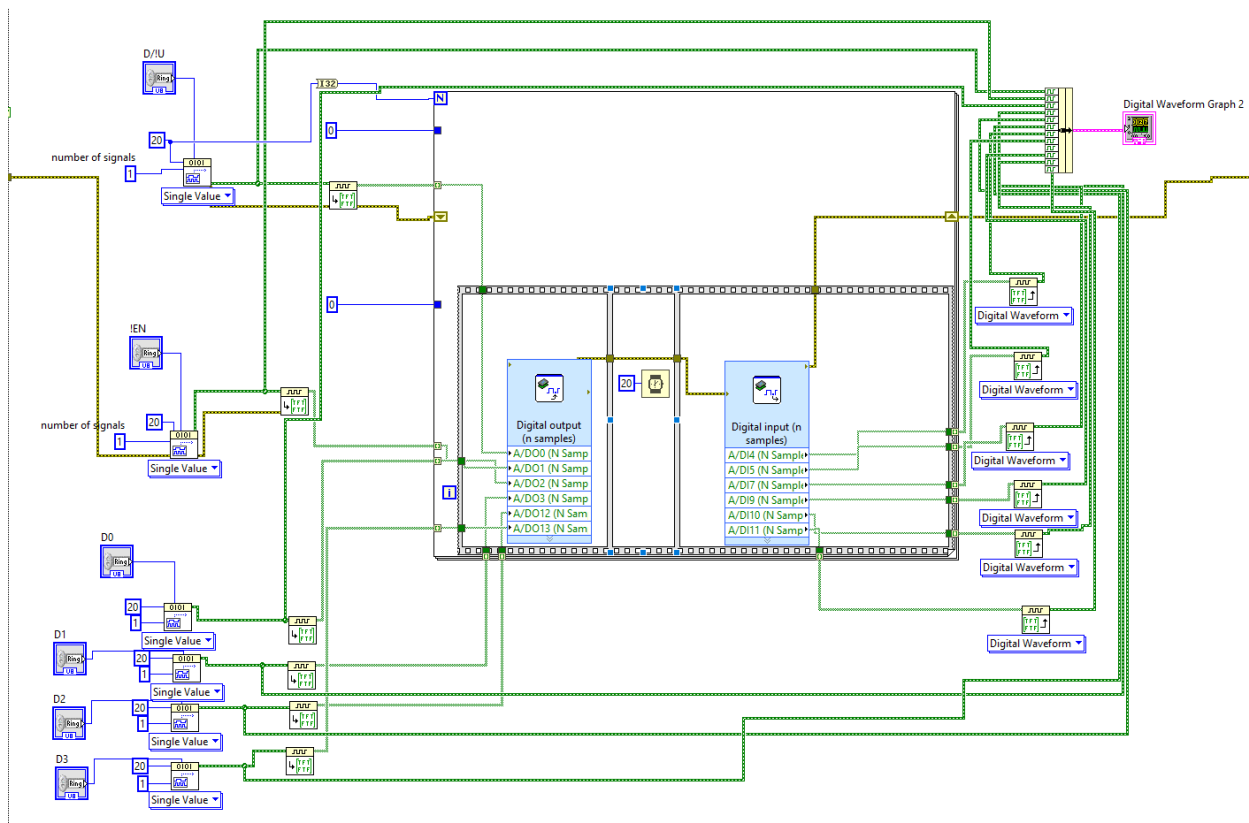


Рисунок 36 – Подача входных импульсов

На рисунке 36 показан блок подачи логических значений, таких как $D/\bar{U}$, $\bar{E}N$, а также D0-D4. После преобразования в массив данных, подобно предыдущей лабораторной работе, импульсы поступают на входы макетной платы. После операций в микросхеме 74НС191, данные через соединительные провода поступают на выходы макетной платы, а следом, после преобразования в цифровой сигнал, поступают на график Digital Waveform Graph.

Для следующего этапа программы режим подачи импульсов для Preload был изменён на Single value, чтобы пронаблюдать изменения на выходах макетной платы (рисунок 37).

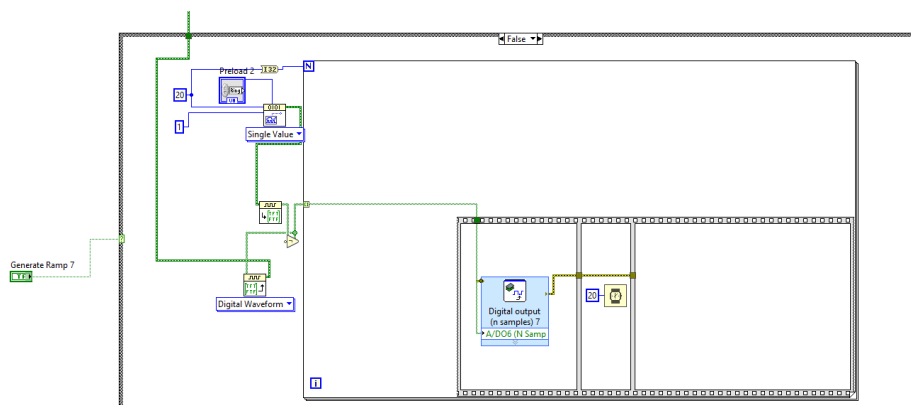
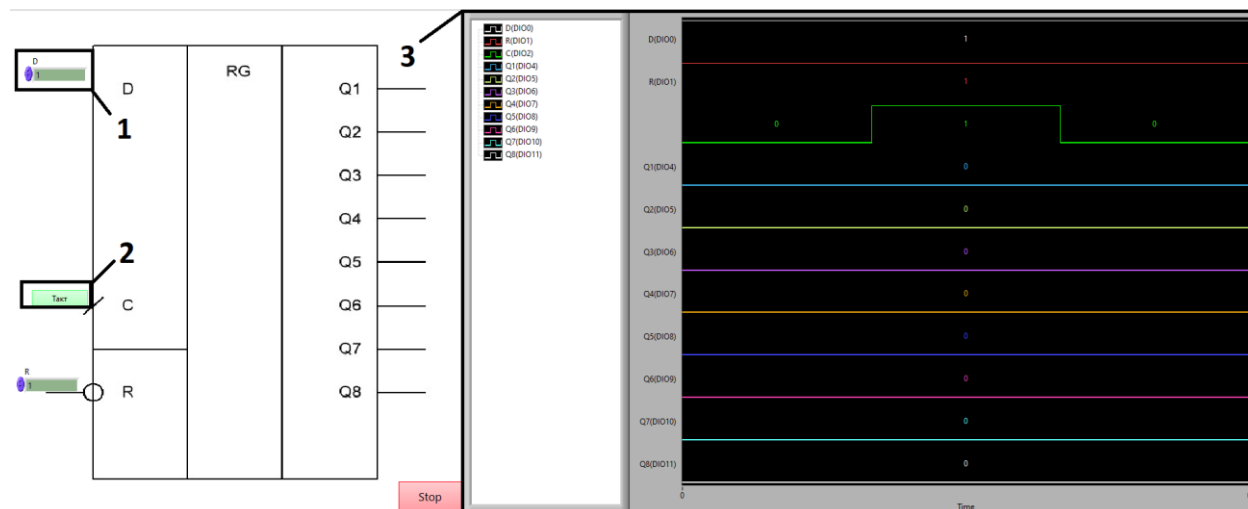


Рисунок 37 – Режим Single Value для импульса Preload

2.3 Программа для работы с регистром

Для работы с регистрами на LabVIEW и NI Elvis III также была собрана программа. Рассмотрим её реализацию.



1 – Входы последовательных данных, объединенные по "И"; 2 – Кнопка подачи тактового импульса; 3 – объединённый график входов и выходов

Рисунок 38 – Лицевая панель виртуального прибора

Подобно предыдущим программам, на лицевой панели виртуального прибора располагается условно-графическое обозначение регистра, выбор подачи логических значений для последовательных данных и входа «сброса», а также график, на котором можно пронаблюдать как входные значения, так и выходные (рисунок 38). Рассмотрим реализацию элементов на блок-диаграмме (рисунки 39-42).

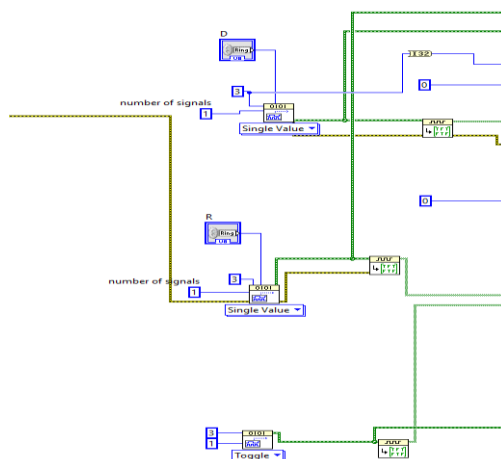


Рисунок 39 – Блок входных данных

Для генерации импульсов, подобно предыдущим виртуальным приборам, в программу добавлен инструмент Digital Pattern Generator, с помощью которого на каждый из входов триггера подаётся импульс. Тактовый сигнал подаётся в режиме Toggle, в котором поочерёдно подаются 0 и 1. В качестве входных логических значений для последовательных данных и входа «сброс» регистра выбран режим Single Value, который позволяет выбрать подающееся значение: 0 или 1 (рисунок 39).

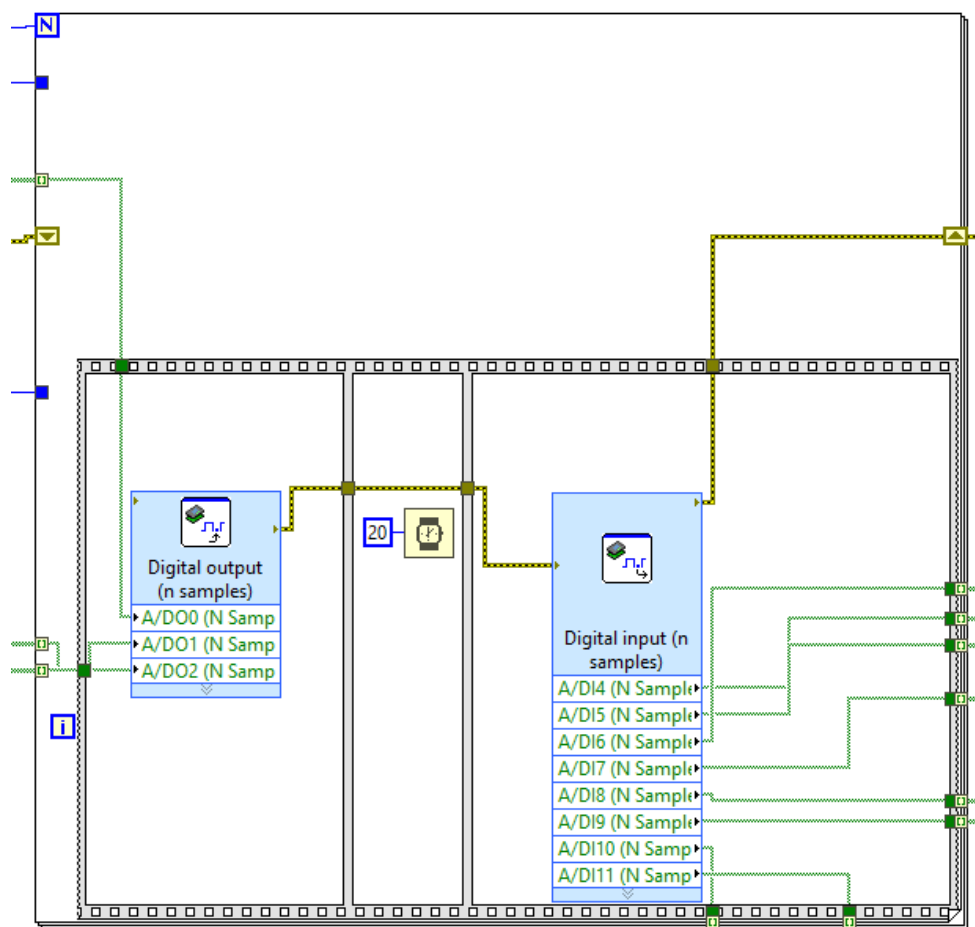


Рисунок 40 – Блок взаимодействия с макетной платой

Полученный массив данных выводится на входы DIO0, DIO1 и DIO2 макетной платы. После выполнения операций в микросхеме, через соединительные провода, итоговый импульс поступает на выходы DIO4-DIO11 макетной платы NI Elvis III (рисунок 40).

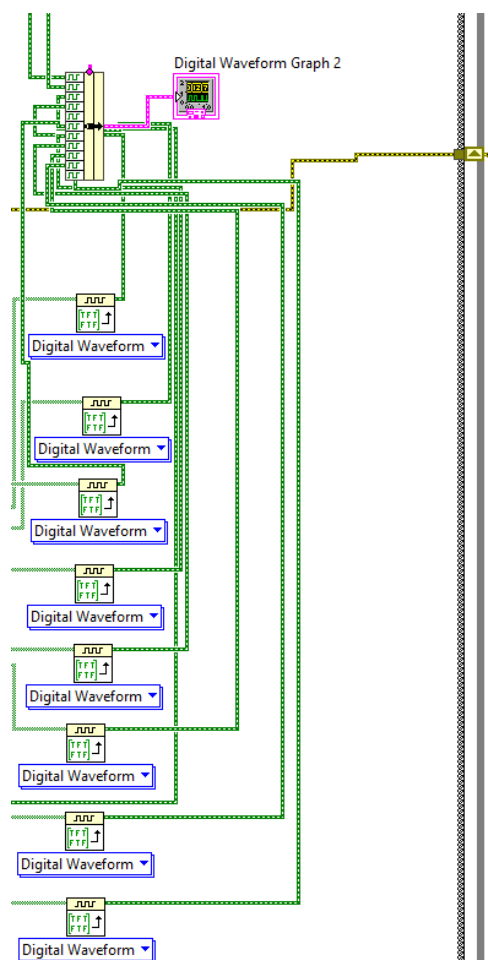


Рисунок 41 – Блок вывода данных на график

Выходные данные с триггера представляют собой массив 0 и 1. Для того, чтобы на элементе Digital Waveform Graph (рисунок 41) мы могли увидеть полученный результат, необходимо провести операцию, обратную той, которую мы делали вначале. То есть, массив значений конвертировать обратно в цифровой сигнал, для чего на каждый выход и добавлен инструмент Boolean array to Digital.vi. Элемент Bungle позволяет нам не добавлять для каждого импульса Digital Waveform Graph, а сделать вывод на один график.

Для следующего этапа программы были внесены некоторые изменения, которые включают в себя изменения режима подачи логических значений входов последовательных данных. Режим был изменён с Single Value на Random, дабы в динамике посмотреть на изменения значений на выходе микросхемы (рисунок 42).

Рисунок 42 – Изменение режима на Random

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были получены следующие результаты:

1. Разработана программа для работы с триггерами, которая включает в себя следующие блоки:

- Блок генерации импульса.

В блоке генерации импульса реализован выбор логического значения для входов триггеров и подача тактового импульса с кнопки.

- Блок взаимодействия с макетной платой.

Блок взаимодействия с макетной платой включает в себя работу с выходами и входами макетной платы NI Elvis III.

- Блок графического представления результатов.

Блок графического представления результатов позволяет с помощью Digital Waveform Graph выводить на лицевую панель входные и выходные данные с макетной платы в виде графиков.

2. Разработана программа для работы с счётчиком.

Программа для работы счётчиком позволяет не только выбирать логические значения для входов и подачу тактового импульса в блоке генерации импульса, но и подачу импульса Preload с отдельной кнопки. В остальном сценарий работы программы схож с работой предыдущего виртуального прибора.

3. Программа для работы с регистром.

Виртуальный прибор для работы с регистром позволяет выбирать логические значения для входов D и R, а также подавать тактовый импульс по кнопке. Блок графического представления результатов имеет схожую с предыдущими программами структуру, отличительной особенностью является увеличенное количество данных, выводимых на Digital Waveform Graph.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электронный источник // Файловый архив студентов вузов РФ – URL: <https://studfile.net/preview/16561319/page:12/> (дата обращения: 10.09.2021)
2. Электронный источник // Файловый архив студентов вузов РФ – URL: <https://studfile.net/preview/4401972/page:8/> (дата обращения: 25.10.2021)
3. Электронный источник // Файловый архив студентов вузов РФ – URL: <https://elektrolife.ru/teoriya/posledovatel'naja-logika-shemy-triggerov/> (дата обращения: 14.10.2021)
4. Электронный источник //Применение ИС К155ИР1 – URL: https://studopedia.ru/7_70623_primenenie-is-kir-v-kachestve-posledovatel'nogo-registra-sdviga-vpravo.html/ (дата обращения: 09.05.2022)
5. Электронный источник // Официальный сайт National Instruments – URL: https://www.ni.com/docs/enUS/bundle/labview/page/lvhelp/labview_help.html/ (дата обращения: 18.06.2022)
6. Электронный источник // Сайт компании TEC URL - <http://tec.org.ru/board/74hc164n/150-1-0-4314/> (дата обращения: 19.08.2022)
7. Электронный источник // Компания Assets Nexperia – URL - <https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC191.pdf/> (дата обращения: 22.10.2022)

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: Ковыршин Юрий
Проверяющий: Ковыршин Юрий

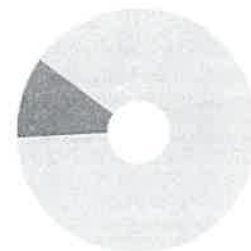
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 39
Начало загрузки: 30.01.2023 18:51:24
Длительность загрузки: 00:00:01
Имя исходного файла: ВКР Ковыршин.pdf
Название документа: ВКР Ковыршин
Размер текста: 39 кБ
Символов в тексте: 40354
Слов в тексте: 4879
Число предложений: 212

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 30.01.2023 15:51:26
Длительность проверки: 00:00:01
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет Free



СОВПАДЕНИЯ

11,21%

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

ЦИТИРОВАНИЯ

0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

88,79%

Совпадения — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.

Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общепотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Совпадения, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	8,27%	10,63%	Минимизация булевых функций с помощью карт Карно http://lektsii.org	15 Ноя 2017	Интернет Free	21	25
[02]	0,18%	8,38%	Цифровые устройства - Стр 8 http://studfiles.ru	28 Июл 2016	Интернет Free	2	36
[03]	0,21%	8,22%	Т-триггер — это счетный триггер. У Т-триггера имеется только один вход. После поступления на этот вход импульса, состояние Т-триггера меняется на прямо противоположное. Счётным он называется потому, http://www.lektsii.com	20 Мая 2016	Интернет Free	2	31

Еще источников: 7

Еще совпадений: 2,56%

Научный руководитель

[Подпись]

Лопраев С.И.