

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

Кафедра радиофизики и нанотехнологий

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

ОСНОВЫ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ СХЕМОТЕХНИКИ

Работу выполнил _____ Любашин Дмитрий Игоревич

Курс 2

Направление 11.03.01 Радиотехника

Научный руководитель

канд. физ.-мат. наук, доцент _____ А.А. Васильченко

Нормоконтролер

канд. физ.-мат. наук, доцент _____ М.А. Жужа

Краснодар 2018

РЕФЕРАТ

Курсовой проект 26 с., 10 рис., 1 табл., 8 источников.

СЕРИИ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ, КОРПУС ЦИФРОВОЙ МИКРОСХЕМЫ, МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ, ТРИГГЕРЫ

Объектами исследования данного курсового проекта являются элементы цифровой схемотехники.

Целью проекта является рассмотрение основных базовых элементов цифровой схемотехники.

В результате выполнения курсового проекта были рассмотрены различные серии цифровых микросхем, корпуса для электрических схем, моделирование цифровых микросхем. Рассмотрены микросхемы памяти и принципы их работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	4
Основная часть	5
1 Серии цифровых микросхем	6
2 Корпуса цифровых микросхем.	10
3 Моделирование электрических схем.	12
4 Применение микросхем памяти.	15
5 Триггеры	18
Заключение.	24
Список использованных источников	26

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая электроника в настоящее время все более и более вытесняет традиционную аналоговую. Ведущие фирмы, производящие самую разную электронную аппаратуру, все чаще заявляют о полном переходе на цифровую технологию. Причем это относится как к бытовой технике (аудио, видеоаппаратура, средства связи), так и к профессиональной технике (измерительная, управляющая аппаратура). Ставшие уже привычными персональные компьютеры также полностью реализованы на цифровой электронике. Видимо, в ближайшем будущем аналоговым устройствам будет отведена вспомогательная роль: они будут применяться в основном для связи цифровых систем с аналоговыми датчиками и аналоговыми исполнительными элементами.

Во-первых, цифровая техника не слишком сильно связана с аналоговой техникой и с физическими эффектами, используемыми в электронике. Отсюда следует, что специалист по цифровой схемотехнике совсем не обязательно должен быть классным специалистом по аналоговой технике и по физическим основам электроники. Строго говоря, такому специалисту не очень важно, на каких электронных компонентах и на каких физических принципах построена проектируемая система и ее элементы. Гораздо важнее логика ее работы и протоколы взаимодействия цифровых элементов, узлов и устройств, входящих в систему.

Во-вторых, стать настоящим специалистом по разработке цифровых устройств и систем невозможно без овладения азбукой цифровой электроники. То есть разработчик обязан понимать логику работы таких базовых компонентов цифровой схемотехники, как логические элементы, буферы, триггеры, регистры, дешифраторы, мультиплексоры, счетчики, сумматоры, оперативная и постоянная память и т.д. Кроме того, он должен знать типовые схемы включения этих компонентов и правила их корректной работы. Даже если разрабатывается устройство на базе микросхем с программируемой ло-

гикой или на базе микроконтроллеров, такие знания совершенно необходимы.

Целью проекта является рассмотрение основных базовых элементов цифровой схемотехники.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить базовые элементы цифровой схемотехники;
- рассмотреть серии цифровых микросхем;
- рассмотреть корпуса цифровых схем;
- промоделировать электрических схем, триггеры;
- рассмотреть применение микросхем памяти.

1 Серии цифровых микросхем

В настоящее время выпускается огромное количество разнообразных цифровых микросхем: от простейших логических элементов до сложнейших процессоров, микроконтроллеров и специализированных БИС (Больших Интегральных Микросхем). Производством цифровых микросхем занимается множество фирм – как у нас в стране, так и за рубежом. Поэтому даже классификация этих микросхем представляет собой довольно трудную задачу. Однако в качестве базиса в цифровой схемотехнике принято рассматривать классический набор микросхем малой и средней степени интеграции, в основе которого лежат ТТЛ серии семейства 74, выпускаемые уже несколько десятилетий рядом фирм, например, американской фирмой Texas Instruments (ТИ). Эти серии включают в себя функционально полный комплект микросхем, используя который, можно создавать самые разные цифровые устройства. Даже при компьютерном проектировании современных сложных микросхем с программируемой логикой (ПЛИС) применяются модели простейших микросхем этих серий семейства 74. При этом разработчик рисует на экране компьютера схему в привычном для него элементном базисе, а затем программа создает прошивку ПЛИС, выполняющую требуемую функцию. Каждая микросхема серий семейства 74 имеет свое обозначение, и система обозначений отечественных серий существенно отличается от принятой за рубежом.

В качестве примера рассмотрим систему обозначений фирмы Texas Instruments (рисунок 1). Полное обозначение состоит из шести элементов:

- 1 Идентификатор фирмы SN (для серий АС и АСТ отсутствует).
- 2 Температурный диапазон (тип семейства):
 - 74 – коммерческие микросхемы (температура окружающей среды для биполярных микросхем – 0...70 °С, для КМОП микросхем – -40...+85 °С).



Рисунок 1 – Система обозначений фирмы Texas Instruments

- 54 - микросхемы военного назначения (температура 55...+125 °С).
- 3 Код серии (до трех символов):
- Отсутствует – стандартная ТТЛ—серия.
 - LS (Low Power Schottky) - маломощная серия ТТЛШ.
 - S (Schottky) - серия ТТЛШ. • ALS (Advanced Schottky) – улучшенная серия ТТЛШ. • F (FAST) – быстрая серия.
 - HC (High Speed CMOS) – высокоскоростная КМОП—серия.
 - HCT (High Speed CMOS with TTL inputs) - серия HC, совместимая по входу с ТТЛ.
 - AC (Advanced CMOS) – улучшенная серия КМОП.
 - ACT (Advanced CMOS with TTL inputs) – серия AC, совместимая по входу с ТТЛ.
 - BCT (BiCMOS Technology) - серия с БиКМОП-технологией.
 - ABT (Advanced BiCMOS Technology) – улучшенная серия с БиКМОП—технологией.
 - LVT (Low Voltage Technology) – серия с низким напряжением питания.
- 4 Идентификатор специального типа (2 символа) – может отсутствовать.
- 5 Тип микросхемы (от двух до шести цифр). Перечень некоторых типов микросхем приведен в приложении.

б Код типа корпуса (от одного до двух символов) – может отсутствовать. Например, N – пластмассовый корпус DIL (DIP), J – керамический DIL (DIP), T – плоский металлический.

Отечественная система обозначений микросхем отличается от рассмотренной довольно существенно (рисунок 2). Основные элементы обозначения следующие:



Рисунок 2 – Обозначения отечественных микросхем

1 Буква K обозначает микросхемы широкого применения, для микросхем военного назначения буква отсутствует.

2 Тип корпуса микросхемы (один символ) – может отсутствовать. Например, P – пластмассовый корпус, M – керамический, Б – бескорпусная микросхема.

3 Номер серии микросхем (от трех до четырех цифр).

4 Функция микросхемы (две буквы).

5 Номер микросхемы (от одной до трех цифр). Таблица функций и номеров микросхем.

Различия серий.

На первом уровне представления (логическая модель) серии не различаются ничем. То есть одинаковые микросхемы разных серий работают по одним и тем же таблицам истинности, по одним и тем же алгоритмам Правда, надо учитывать, что некоторые микросхемы имеются только в одной из серий, а некоторых нет в нескольких сериях.

На втором уровне представления (модель с учетом задержек) серии отличаются величиной задержки распространения сигнала. Это различие может быть довольно существенным. Поэтому в тех схемах, где величина задержки принципиальна, надо использовать микросхемы более быстрых серий (таблица 1).

Таблица 1 – Серии микросхем

	K155ЛА3 (SN7400N)	K555ЛА3 (SN74LS00N)	KP1533ЛА3 (SN74ALS00N)	KP1554ЛА3 (SN74AC00N)
$t_{рЛН}$, нс не более	22	15	11	8,5
$t_{рНЛ}$, нс не более	15	15	8	7,0
I_{IL} , мА не более	-1,6	-0,4	-0,1	-0,001
I_{IH} , мА не более	0,04	0,02	0,02	0,001
I_{OL} , мА не менее	16	8	15	86
I_{OH} , мА не менее	-0,4	-0,4	-0,4	-75
U_{OL} , В не более	0,4	0,5	0,5	0,3
U_{OH} , В не менее	2,4	2,7	2,5	4,4
I_{CC} , мА не более	12	4,4	3	0,04

На третьем уровне представления (электрическая модель) серии различаются величинами входных и выходных токов и напряжений, а также, что не менее важно, токами потребления (таблица 1). Поэтому в тех устройствах, где эти параметры принципиальны, надо применять микросхемы, обеспечивающие, к примеру, низкие входные токи, высокие выходные токи и малое потребление.

Серия K155 (SN74) – это наиболее старая серия, которая постепенно снимется с производства. Она отличается не слишком хорошими параметра-

ми по сравнению с другими сериями. С этой классической серией принято сравнивать все остальные.

Серия К555 (SN74LS) отличается от серии К155 малыми входными токами и меньшей потребляемой мощностью (ток потребления – почти втрое меньше, чем у К155). По быстродействию (по временам задержек) она близка к К155.

Серия КР531 (SN74S) отличается высоким быстродействием (ее задержки примерно в 3 – 4 раза меньше, чем у серии К155), небольшими входными токами (на 25 % больше, чем у К155) и большой потребляемой мощностью (ток потребления – больше в полтора раза по сравнению с К155).

Серия КР1533 (SN74ALS) отличается повышенным примерно вдвое по сравнению с К155 быстродействием и малой потребляемой мощностью (в четыре раза меньше, чем у К155). Входные токи еще меньше, чем у К555.

Серия КР1531 (SN74F) отличается высоким быстродействием (на уровне КР531), но малой потребляемой мощностью. Входные токи и ток потребления примерно вдвое меньше, чем у К155.

Серия КР1554 (SN74AC) отличается от всех предыдущих тем, что она выполнена по КМОП-технологии. Поэтому она имеет сверхмалые входные токи и сверхмалое потребление при малых рабочих частотах. Задержки примерно вдвое меньше, чем у К155.

Наибольшим разнообразием имеющихся микросхем отличаются серии К155 и КР1533, наименьшим – КР1531 и КР1554.

2 Корпуса цифровых микросхем

Большинство микросхем имеют корпус, то есть прямоугольный контейнер (пластмассовый, керамический, металлокерамический) с металлическими выводами (ножками). Предложено множество различных типов корпусов, но наибольшее распространение получили два основных типа:

- Корпус с двухрядным вертикальным расположением выводов, например, DIP (Dual In Line Package, Plastic) – пластмассовый корпус, DIC (Dual In Line Package, Ceramic) – керамический корпус. Общее название для таких корпусов – DIL (рисунок 3). Расстояние между выводами составляет 0,1 дюйма (2,54 мм). Расстояние между рядами выводов зависит от количества выводов.

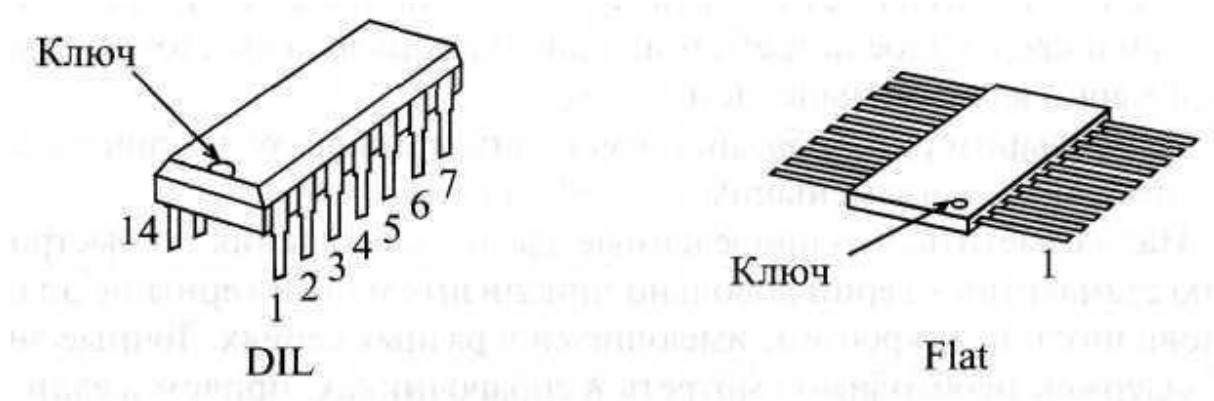


Рисунок 3 – Примеры корпусов DIL и Flat

- Корпус с двухрядным плоскостным расположением выводов, например, FP (Flat-Package, Plastic) – пластмассовый плоский корпус, FPC (Flat-Package, Ceramic) – керамический плоский корпус. Общее название для таких корпусов – Flat (рисунок 3). Расстояние между выводами составляет 0,05 дюйма (1,27 мм) или 0,025 дюйма (0,0628 мм).

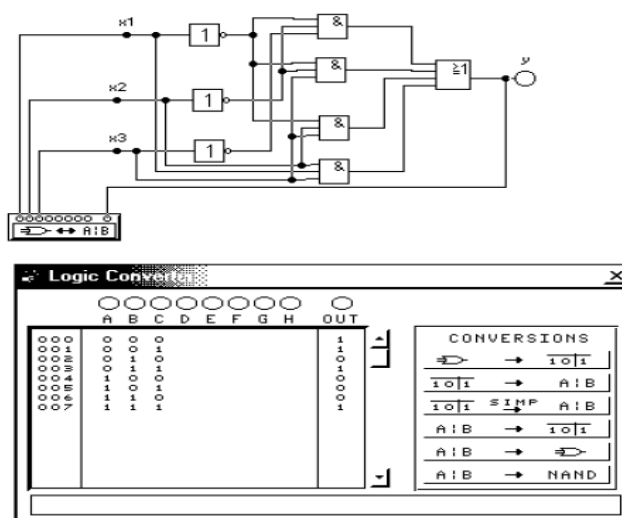
Номера выводов всех корпусов отсчитываются, начиная с вывода, помеченного ключом, по направлению против часовой стрелки (если смотреть на микросхему сверху). Ключом может служить вырез на одной из сторон

микросхемы, точка около первого вывода или утолщение первого вывода (рисунок 3). Первый вывод может находиться в левом нижнем или в правом верхнем углу (в зависимости от того, как повернут корпус). Микросхемы обычно имеют стандартное число выводов из ряда: 4, 8, 14, 16, 20, 24, 28. Для микросхем стандартных цифровых серий используются корпуса с количеством выводов начиная с 14.

Назначение каждого из выводов микросхемы приводится в справочниках по микросхемам, которых сейчас имеется множество. Правда, лучше ориентироваться на справочники, издаваемые непосредственно фирмами-изготовителями. В данной книге назначение выводов не приводится. Отечественные микросхемы выпускаются в корпусах, очень похожих на DIP и Flat, но расстояния между их выводами вычисляются по метрической шкале и поэтому чуть-чуть отличаются от принятых за рубежом. Например, 2,5 мм вместо 2,54 мм, 1,25 мм вместо 1,27 мм и т. д. Для корпусов с малым числом выводов (до 20) это не слишком существенно, но для больших корпусов расхождение в расстоянии может стать существенным. В результате на плату, рассчитанную на зарубежные микросхемы, нельзя поставить отечественные микросхемы, и наоборот.

3 Моделирование электрических схем

Компьютер открывает прекрасные возможности как при проверке правильности работы синтезированных схем, так и для проектирования схем с заданным алгоритмом работы. Удобно пользоваться для проверки работоспособности схем разными версиями программ «Electronics Workbench» и «Multisim 2001», которые практически не требуют обучения при использовании. Четвёртая версия «Electronics Workbench» позволяет с помощью логического преобразователя определить правильность работы схемы по таблице истинности, которую компьютер составляет автоматически. Результат проверки работоспособности ранее синтезированной схемы и использования логического преобразователя предложен на рисунке 4.



мы. Поскольку для разработанной схемы были построены временные диаграммы, с помощью генератора слов зададим такие же входные сигналы, что и на временных диаграммах. Результаты программирования предложены на рисунке 5. Генератор позволяет формировать восемь сигналов на шестнадцати временных интервалах. В нашем случае требуется сформировать всего три сигнала. Для проверки правильности работы схемы с помощью логического анализатора (Logic analyzer) можно одновременно наблюдать как входные сигналы, так и выходные. Это позволяет по шагам проанализировать работу схемы и сделать выводы о её работоспособности.

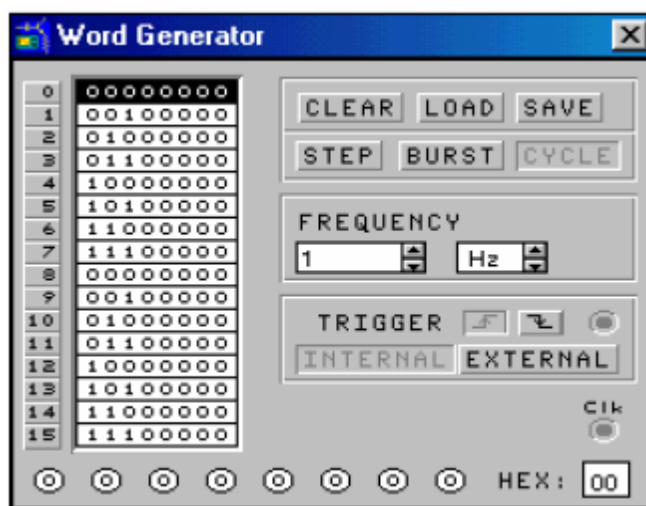


Рисунок 5 – Панель управления генератором слов

Схема подключения приборов к изучаемой схеме представлена на рисунке 6.

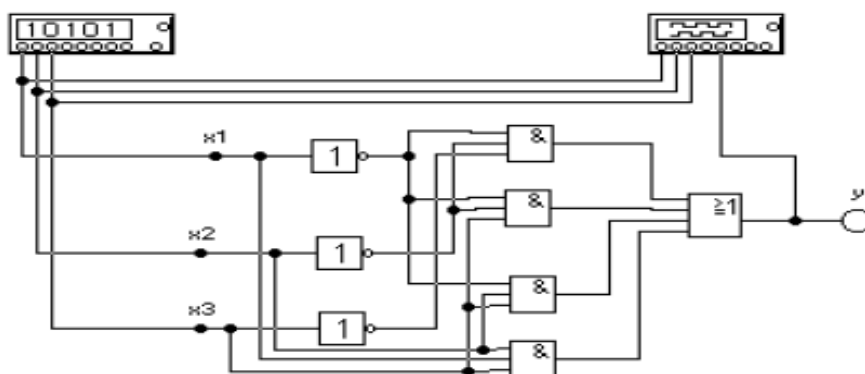


Рисунок 6 – Схема модели

Верхние три сигнала соответствуют входным сигналам схемы ($x1$, $x2$, $x3$). Последний сигнал является выходным сигналом схемы, соответствующим сигналу на выходе DD2.2. На выходном сигнале можно заметить кратковременный паразитный импульс при переходе входных сигналов из состояния 111 в состояние 000. Объясняется это переходными процессами в схеме за счёт ограниченного быстродействия элементов. Когда на входах сигналы уже изменили состояние на нулевые, на выходах инверторов ещё сохраняются нули, что и приводит к ложному кратковременному импульсу на выходе. Временные диаграммы работы схемы предложены на экране логического анализатора (рисунок 7).

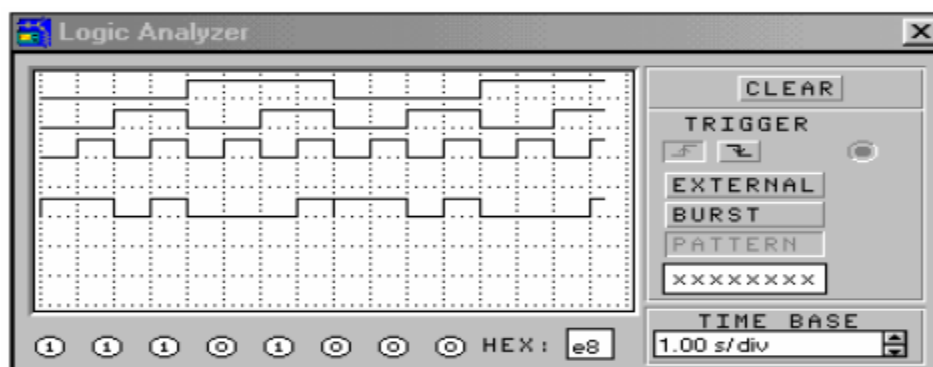


Рисунок 7 – Результаты моделирования временных диаграмм работы схемы

Программы моделирования позволяют использовать и другие средства проверки работоспособности схем. Например, возможно формирование сигналов с помощью моделей механических ключей (тумблеров), контроль состояний как входных, так и выходных сигналов при этом возможно с помощью моделей логических пробников. В схеме (рисунок 6) на выходе используется для индикации состояния выходного сигнала у логический пробник. В этом случае сигналы задаются путём коммутации ключей и анализа работы схемы для каждой набранной комбинации, то есть в статике.

Возможно формирование сигналов и с помощью моделей независимых генераторов импульсов, а наблюдать результаты работы схемы можно не только с помощью логического анализатора, но и с помощью модели двухканального осциллографа.

4 Применение микросхем памяти

Постоянная память.

Микросхемы памяти (или просто память, или запоминающие устройства – ЗУ, английское "Memory") представляют собой следующий шаг на пути усложнения цифровых микросхем по сравнению с микросхемами, рассмотренными ранее. Память – это всегда очень сложная структура, включающая в себя множество элементов. Правда, внутренняя структура памяти – регулярная, большинство элементов одинаковые, связи между элементами сравнительно простые, поэтому функции, выполняемые микросхемами памяти, не слишком сложные.

Память, как и следует из ее названия, предназначена для запоминания, хранения каких-то массивов информации, проще говоря, наборов, таблиц, групп цифровых кодов. Каждый код хранится в отдельном элементе памяти, называемом ячейкой памяти. Основная функция любой памяти как раз и состоит в выдаче этих кодов на выходы микросхемы по внешнему запросу. А основной параметр памяти – это ее объем, то есть количество кодов, которые могут в ней храниться, и разрядность этих кодов.

Для обозначения количества ячеек памяти используются следующие специальные единицы измерения:

- 1К – это 1024, то есть 2¹⁰ (читается "кило-" или "ка-"), примерно равно одной тысяче;
- 1М – это 1048576, то есть 2²⁰ (читается "мега-"), примерно равно одному миллиону;
- 1Г – это 1073741824, то есть 2³⁰ (читается "гига-"), примерно равно одному миллиарду.

Принцип организации памяти записывается следующим образом: сначала пишется количество ячеек, а затем через знак умножения (косой крест) – разрядность кода, хранящегося в одной ячейке. Например, организация памяти 64Кх8 означает, что память имеет 64К (то есть 65536) ячеек и каждая

ячейка – восьмиразрядная. А организация памяти 4М x 1 означает, что память имеет 4М (то есть 4194304) ячеек, причем каждая ячейка имеет всего один разряд. Общий объем памяти измеряется в байтах (килобайтах – кбайт, мегабайтах – Мбайт, гигабайтах – Гбайт) или в битах (килобитах – кбит, мегабитах – Мбит, гигабитах – Гбит).

В зависимости от способа занесения (записи) информации и от способа ее хранения, микросхемы памяти разделяются на следующие основные типы:

- Постоянная память (ПЗУ – постоянное запоминающее устройство, ROM – Read Only Memory – память только для чтения), в которую информация заносится один раз на этапе изготовления микросхемы. Такая память называется еще масочным ПЗУ. Информация в памяти не пропадает при выключении ее питания, поэтому ее еще называют энергонезависимой памятью.

- Программируемая постоянная память (ППЗУ – программируемое ПЗУ, PROM – Programmable ROM), в которую информация может заноситься пользователем с помощью специальных методов (ограниченное число раз). Информация в ППЗУ тоже не пропадает при выключении ее питания, то есть она также энергонезависима.

- Оперативная память (ОЗУ – оперативное запоминающее устройство, RAM – Random Access Memory – память с произвольным доступом), запись информации в которую наиболее проста и может производиться пользователем сколько угодно раз на протяжении всего срока службы микросхемы. Информация в памяти пропадает при выключении ее питания. Существует множество промежуточных типов памяти, а также множество подтипов, но указанные – самые главные, принципиально отличающиеся друг от друга. Хотя, разница между ПЗУ и ППЗУ с точки зрения разработчика цифровых устройств, как правило, не так уж велика. Только в отдельных случаях, например, при использовании так называемой флэш-памяти (flash-memory), представляющей собой ППЗУ с многократным электрическим стиранием и

перезаписью информации, эта разница действительно чрезвычайно важна. Можно считать, что флэш – память занимает промежуточное положение между ОЗУ и ПЗУ. В общем случае любая микросхема памяти имеет следующие информационные выходы (рисунок 8):

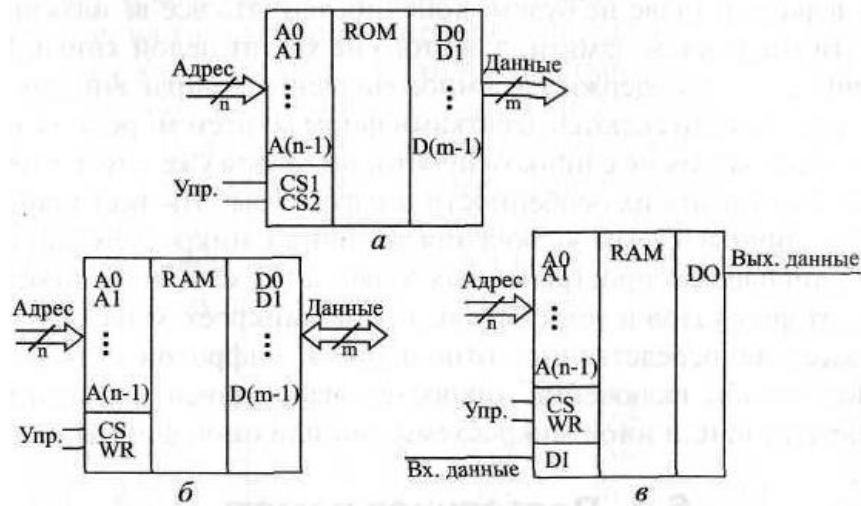


Рисунок 8 – Информационные выходы

ПЗУ (а), ОЗУ с двунаправленной шиной данных (б), ОЗУ с отдельными шинами входных и выходных данных к которой происходит обращение в данный момент (в).

Адресные выходы (входные), образующие шину адреса памяти. Код на адресных линиях представляет собой двоичный номер ячейки памяти, Количество адресных разрядов определяет количество ячеек памяти: при количестве адресных разрядов n количество ячеек памяти равно 2^n .

5 Триггеры

Триггер – электронная схема с двумя устойчивыми состояниями. Схема триггера на электронных лампах была предложена в 1918 году русским учёным М.А. Бонч-Бруевичем. Одно состояние триггера принимается за нулевое, другое состояние принимается за единичное. Обычно триггер строится на основе двух инверторов, выход одного из которых считается прямым выходом триггера, а выход другого инвертора считается инверсным. Триггер – электронное устройство, которое может находиться в одном из двух устойчивых состояний и под воздействием внешних управляющих сигналов переходить в другое устойчивое состояние. Состояние прямого выхода определяет состояние триггера. Символом триггера на схемах является буква Т. Простейшая схема триггера на инверторах и условное обозначение триггера на электрических схемах предложено на рисунке 9.

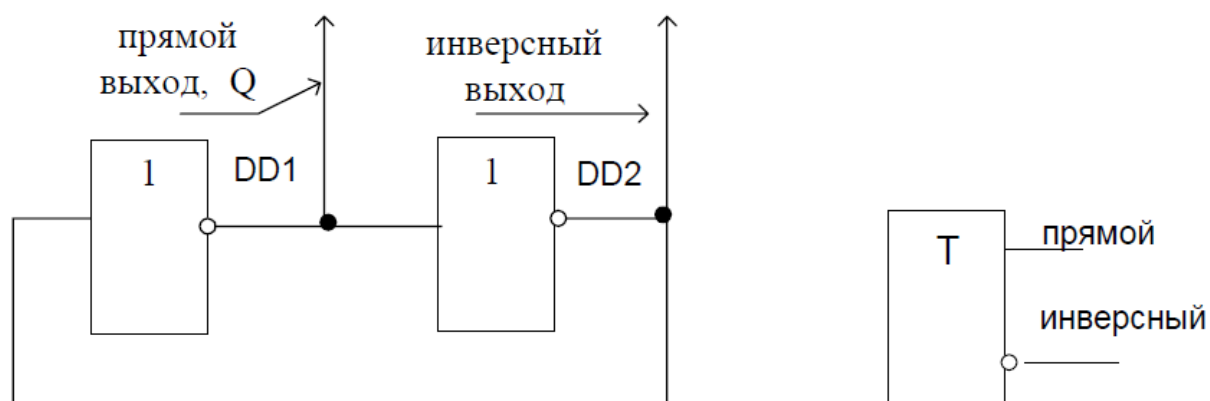


Рисунок 9 – Простейший триггер и его условное обозначение

Можно заметить, что данная схема действительно способна хранить два состояния. Если на выходе первого инвертора DD1 наблюдается нулевой уровень, то это приводит к появлению на выходе второго инвертора DD2 уровня логической единицы благодаря инвертирующей способности инвертора. Единица с выхода второго инвертора, поступая на вход первого инвер-

тора, поддерживает на его выходе нулевой уровень. В таком состоянии схема может находиться сколь угодно долго, если подаётся питание на инверторы. При включении питания симметричная схема, в которой параметры инверторов одинаковы, с равной вероятностью примет нулевое или единичное исходное состояние.

Поскольку схема не содержит входов, то возможно управление состоянием триггера по выходам. Предположим, что триггер находится в единичном состоянии, то есть на выходе инвертора DD1 присутствует уровень единицы. Для изменения состояния триггера на нулевое достаточно замкнуть прямой выход на общий провод электронным ключом или проволочной перемычкой. В результате на выходе DD1 образуется нулевой уровень благодаря действию перемычки, хотя сам элемент старается сформировать уровень единицы. То есть образуется короткое замыкание на выходе элемента DD1. Образованный нулевой уровень инвертируется элементом DD2. Это приводит к появлению на выходе DD2 спустя время задержки элемента (несколько наносекунд) уровня логической единицы. Реагируя на этот уровень, инвертор DD1 спустя время задержки сформирует на прямом выходе триггера, то есть на своём выходе уровень логического нуля. Состояние короткого замыкания, с которого начинался процесс переключения триггера, закончится. Триггер перешёл в другое состояние за время задержки сигнала в двух инверторах. Кратковременное короткое замыкание на выходе DD1 не приведёт к катастрофе, процесс переключения триггера завершён, перемычку можно снимать, триггер в новом состоянии.

Перевести триггер в противоположное состояние можно и подачей уровня единицы на соответствующий выход. Процесс переключения схемы будет аналогичен рассмотренному случаю. Заметим, что время действия внешнего сигнала для устойчивого переключения триггера в противоположное состояние должно быть не менее суммы времён задержки сигнала в инверторах, образующих триггер.

Поведение триггера описывается матрицей или таблицей переходов. Различают полную и сокращенную таблицу переходов. В полной таблице переходов определяется последующее состояние триггера $Q(t+1)$ в зависимости от состояний входных информационных сигналов и предыдущего состояния триггера:

$$Q(t+1)=f(Q(t), x_i(t)) \quad (1)$$

Сокращенная таблица переходов не принимает в расчёт предыдущее состояние триггера, поскольку поведение триггера полностью определяется состоянием входных сигналов. У триггера различают информационные входы и входы синхронизации, помечаемые символом C (от слова Clock). По каждому входу определяют понятие активного сигнала. Активным сигналом может быть уровень (ноль или единица) или фронт сигнала (нарастающий или спадающий). Активный сигнал определяет поведение триггера в следующий момент времени.

Если триггер не имеет входов синхронизации, то его называют асинхронным. В этом случае его поведение однозначно определяется в момент прихода активного сигнала по информационному входу. В зависимости от условного обозначения входа триггер будет изменять своё состояние или под действием уровня входного сигнала или под действием фронта этого сигнала. Сказанное поясняется рисунком 10. На этом рисунке символом S помечен информационный вход триггера. Естественно, что каждому условному обозначению триггера будет соответствовать и схемная реализация триггера, то есть внутренняя структура, схема триггера. Информационные входы имеют буквенные идентификаторы, которые соответствуют их назначению.

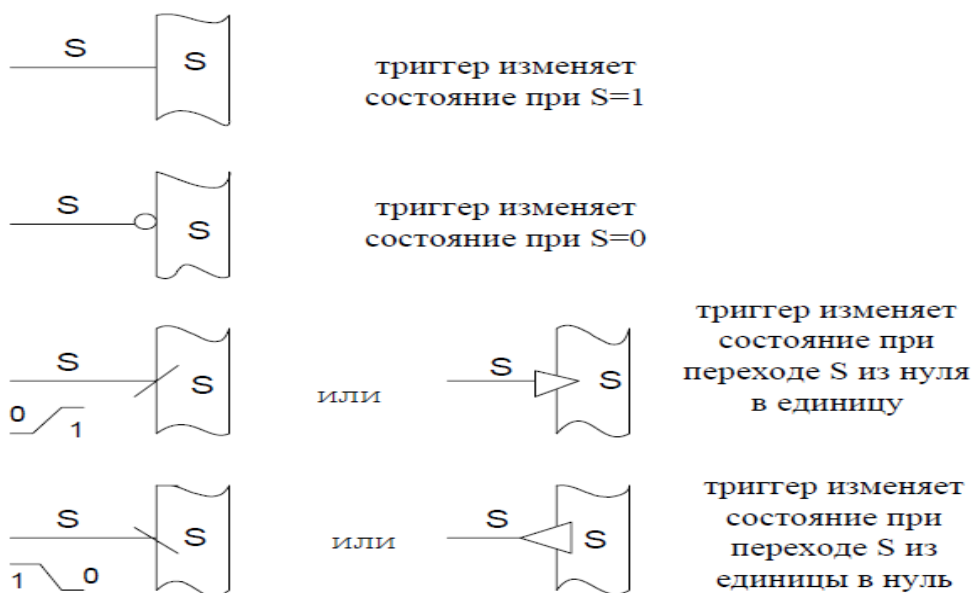
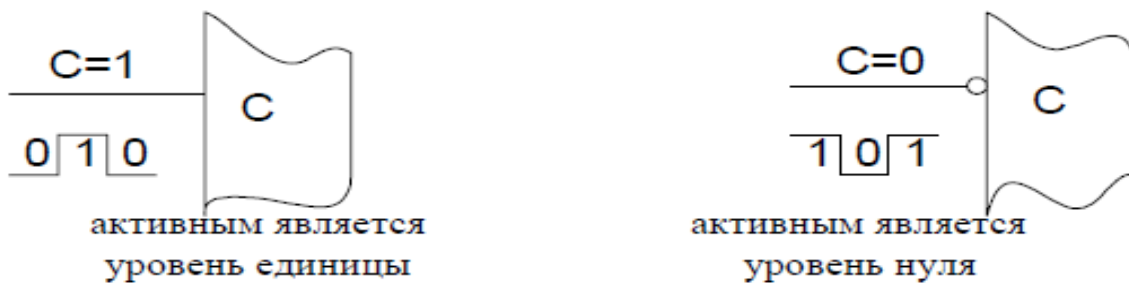


Рисунок 10 – Примеры условных обозначений входа и условия изменений состояния триггера

Если триггер имеет хотя бы один вход синхронизации, то он считается синхронным. У такого триггера имеются информационные входы, приём информации по которым происходит в момент активного синхросигнала. Независимо от этих входов триггер может иметь и другие информационные входы, которые асинхронно или синхронно определяют поведение триггера.

В зависимости от того, какой сигнал является активным по входу синхронизации, различают триггеры потенциальные или управляемые по уровню и триггеры с динамическим управлением или срабатывающие по фронту. Условные обозначения входов синхронизации в зависимости от того, какая часть синхросигнала активна, предложены на рисунке 11.



Потенциальное управление

Рисунок 11 – Условные обозначения входов синхронизации триггеров

В некоторых триггерах под действием определённой комбинации информационных сигналов на прямом и инверсном выходах наблюдаются одинаковые состояния сигналов. В этом случае нарушается логика работы триггера. Такое состояние триггера называется запрещённым и соответствующая комбинация входных сигналов запрещена. Если схема триггера представлена на логических элементах, то временные диаграммы могут быть построены для выходных сигналов всех логических элементов и запрещённое состояние триггера может быть выявлено в этом случае по совпадению в течение длительного времени состояний сигналов на прямом и инверсном выходах.

Классификация триггеров.

Классификация триггеров проводится по признакам логического функционирования (по логике работы) и способу записи информации, а также по виду выходных сигналов.

1 По логике работы различают: RS-триггеры, T-триггеры, JK триггеры, D-триггеры, комбинированные триггеры, триггеры с логикой на входе, а также различные их комбинации.

2 По способу записи информации различают:

- асинхронные;
- синхронизируемые.

Синхронизируемые триггеры в свою очередь делятся на:

- управляемые уровнем;
- управляемые фронтом;
- одноступенчатые;
- двухступенчатые (двухтактные).

3 По виду выходных сигналов триггеры делятся на:

- статические;
- динамические.

Динамические триггеры, у которых выходные сигналы в устойчивом состоянии изменяются, из-за своей сложности применяются редко. У широ-

ко применяемых статических триггеров используется потенциальный метод представления выходных переменных (обозначаемых Q): одному устойчивому состоянию триггера соответствует сигнал $Q=1$, другому – $Q=0$ (уровни логических нуля и единицы как у логических элементов соответствующей технологии).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты курсового проекта состоят в следующем:

- 1 Изучены основные элементы цифровой схемотехники.
- 2 Рассмотрены различные серии цифровых микросхем, основы строения корпуса электрических схем.
- 3 Рассмотрены основные примеры применения микросхем памяти.
- 4 Рассмотрены классификации триггеров цифровых микросхем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Новиков Ю.В. Введение в цифровую схемотехнику / Ю.В. Новиков. – М: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 343 с: ил., табл. – (Серия «Основы информационных технологий»).

2 Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы / В.Л. Шило. – М.: Радио и связь, 1987. – 352 с.

3 Бородин С.М. Модуль логического анализатора для контрольно-измерительных систем на базе микроЭВМ / С.М. Бородин, Ю. В. Новиков // Микропроцессорные средства и системы. – 1987. – № 1. – С. 67–68.

4 Гнатек Ю.Р. Справочник по цифро-аналоговым и аналого-цифровым преобразователям: Пер. с англ. / Ю.Р. Гнатек. Под ред. Ю.А. Рюжина. – М.: Радио и связь, 1982. – 420 с: ил.

5 Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники / Ю. В. Новиков. – М.: Мир, 2001. – 379 с.

6 Хоровиц П.А. Искусство схемотехники. Пер. с англ. 6-е изд. перераб. / П.А. Хоровиц, У М. Хилл. – М.: Мир, 2001. – 704 с: ил.

7 Электроника и схемотехника. Основы электроники: конспект лекций для высшего профессионального образования / В.Т. Еремеко, А.А. Рабочий, И.И. Невров и др. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 290 с.

8 Брякин Л.А. Электротехника и электроника: Конспект лекций / Л.А. Брякин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 156 с.