

Рисунок 3 – Результаты моделирования

Как видим, полученная характеристика представляет собой наклонную «8» и очень близка к ВАХ мемристора, представленной на рисунке 1. Таким образом, полученная схема эквивалентна мемристору.

При увеличении частоты источника тока до  $100 \text{ кГц}$  ВАХ уже становится не косою «8», а овал, из этого можно сделать вывод, что схема неустойчива. При уменьшении частоты источника до  $100 \text{ Гц}$  тока ВАХ становится более пологой и приближается к горизонтальной оси, и характеристика схемы приближается к характеристике резистора.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная эквивалентная мемристорной схеме, позволяет моделировать работу электрических цепей на базе данных элементов. Однако стоит отметить, что схема пригодна только для определённого диапазона частот, за пределами которого она нуждается в корректировке элементной базы.

УДК 621.38:004.94

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПРОГРАММАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

*Добыш Д.С., студ., Куксевич В.Ф., ст. преп., Черненко Д.В., ст. преп.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены вопросы реализации элементов вычислительных систем в программе моделирования электронных схем Logisim и, в частности, проектирование арифметико-логического устройства.

Ключевые слова: компьютер, ЭВМ, моделирование, триггер, регистр, арифметико-логическое устройство.

Современный компьютер является сложной системой, которая за долгое время

неоднократно изменялась и усовершенствовалась, но в основе которой лежит простой набор правил. Большинство компьютеров следуют набору принципов, который был предложен фон Нейманом и которые предполагают разделение всей системы на несколько основных частей. Этими частями являются память, арифметико-логическое устройство и устройство управления, а также техническое средство общения этих частей, называемое шиной данных. Представив числа в двоичном коде и используя логические элементы и комбинаторную логику для арифметических операций, не составляет труда воплотить вышеперечисленные части в электронной схеме простейшей ЭВМ, спроектировав ее в программе-симуляторе Logisim.

Рассмотрим отдельные составляющие электронной вычислительной системы, их функции и графическое представление в Logisim.

Логические элементы – это простые электронные устройства, имеющие несколько контактов подключения на входе и один контакт на выходе. Каждый элемент выполняет логическую функцию. Так элемент «И» выполняет функцию конъюнкции (рис. 1 а), элемент «ИЛИ» выполняет функцию дизъюнкции (рис. 1 б), инвертор (элемент «НЕ») реализует функцию логического отрицания (рис. 1 в).

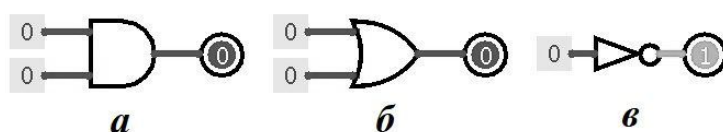


Рисунок 1 – Логические элементы «И» (а), «ИЛИ» (б) и «НЕ» (в) в программе Logisim

Одним из базовых элементов электронной вычислительной системы, построенном на логических элементах, является арифметико-логическое устройство, используемое для арифметической обработки данных в системе. В архитектуре рассматриваемого компьютера данные находятся в двоичном представлении в виде 8-разрядных слов.

Сложение двух одноразрядных чисел в двоичном представлении особого труда не вызывает. Для сложения чисел большей разрядности необходима дополнительная структура, которая работает как сумматор трех одноразрядных чисел. Схема, складывающая два одноразрядных числа, называется полусумматором, а схема, складывающая три числа – полным сумматором (рис. 2). Соединяя несколько полных сумматоров можно складывать числа высших разрядов.

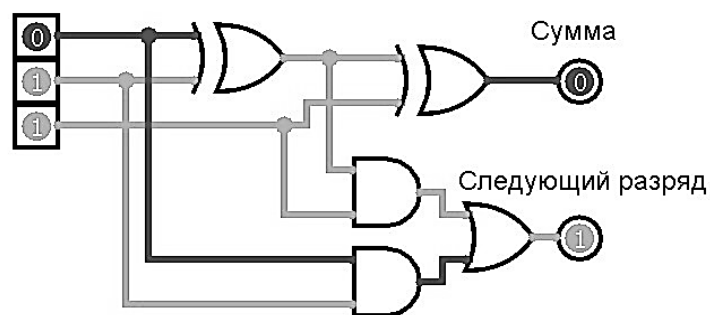


Рисунок 2 – Реализация полного сумматора в программе Logisim

Разность чисел реализуется с помощью отрицания вычитаемого. Одним из способов представить отрицательное число в двоичном виде является дополнительный код, который получается инвертированием каждого бита числа и добавлением единицы ко всему числу. Добавление этой единицы позволяет избежать исключения, где +0 и -0 обрабатываются по-разному.

Несмотря на то, что арифметико-логическое устройство способно складывать и вычитать числа, оно не имеет способности хранить их в себе. За временное хранение чисел отвечают регистры. Регистр – это элемент, хранящий в себе одно 8-битное слово информации.

Регистр реализован с помощью нескольких D-триггеров, которые в свою очередь хранят по одному биту информации. Способность D-триггера удерживать информацию обусловлена особым способом включения элементов «ИЛИ-НЕ». D-триггер имеет два входных контакта, обозначаемых как «информация» и «такт». Как только на контакт «такт» подаётся логическая единица, триггер сохраняет состояние контакта «информация» до следующего такта.

Предоставляемые программой Logisim D-триггеры имеют вид, представленный на рисунке 3.

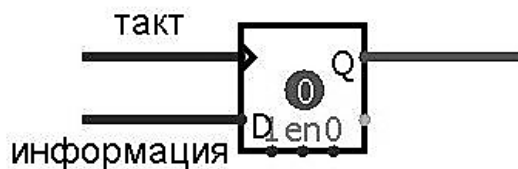


Рисунок 3 – D-триггер в программе Logisim

С учетом реализации в программе Logisim описанных выше элементов можно смоделировать арифметико-логическое устройство, имеющее две ячейки памяти (регистра), в которые можно записать два числа. На выходе данного устройства будем получать сумму или разность этих двух чисел.

Схема реализации арифметико-логического устройства (рис. 4) также имеет в своем составе элементы индикации и может быть использована как при лабораторных исследованиях в рамках дисциплин изучения элементов электроники, так и для реализации модели электронно-вычислительной системы в целом. С этой целью аналогично моделируются в программе Logisim остальные компоненты ЭВМ: устройство управления, счетчик инструкций и оперативная память.

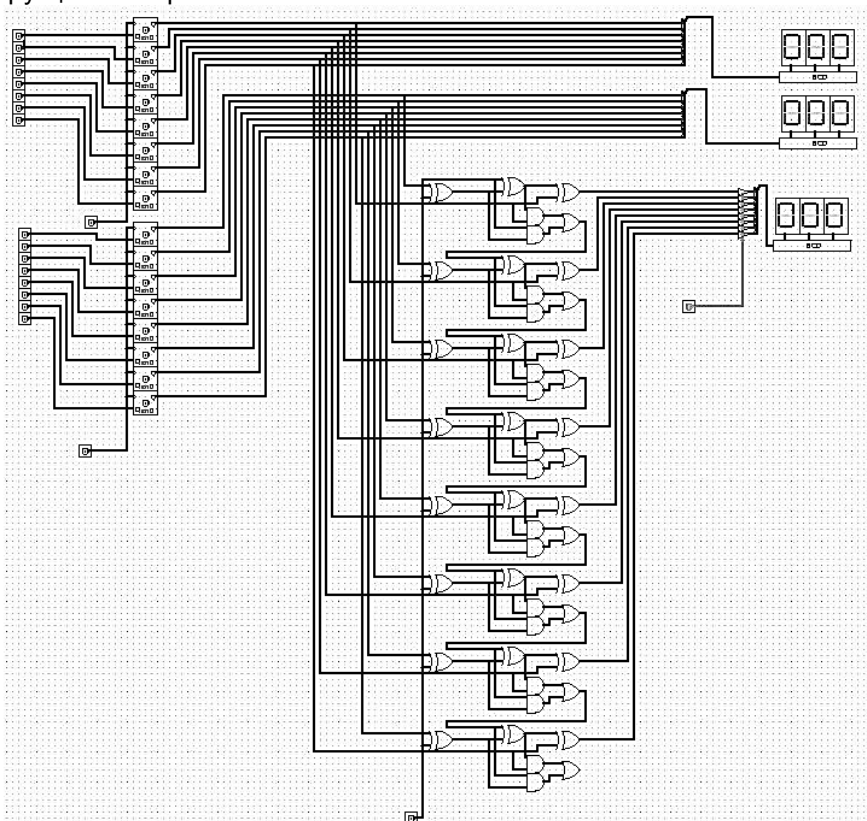


Рисунок 4 – Реализация арифметико-логического устройства в программе Logisim