

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»

Институт компьютерных наук и кибербезопасности

Высшая школа технологий искусственного интеллекта

Направление: 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Архитектура суперкомпьютеров
Моделирование операции записи на массив RAID-5

Вариант 16

Студент,

группа 5130201/30002

_____ Путия М. А.

Преподаватель

_____ Чуватов М. В.

«_____» _____ 2025 г.

Санкт-Петербург, 2025

Содержание

Введение	3
1 Постановка задачи	3
2 Выполнение работы	4
2.1 Разбиение сообщения на блоки	4
2.2 Формирование избыточности	5
2.3 Расчёт номеров дисков для избыточности и каждого блока	6
2.4 Запись сообщения в элементы ОЗУ	8
3 Результаты работы	9

Введение

RAID-массив (Redundant Array of Independent Disks) — это технология объединения некоторого количества физических дисков в один массив. Эта технология применяется для увеличения скорости работы или повышения надежности. Существует много уровней RAID-массивов, каждый из которых предназначен для определённых задач.

Основные цели для использования RAID-массива:

1. Объединение дисков в одно большое виртуальное хранилище.
2. Повышение отказоустойчивости.
3. Увеличение производительности.

Raid-5 - Один из самых широко применяющихся уровней RAID. Он может обеспечивать хорошую производительность и отказоустойчивость.

Основные характеристики RAID-5:

1. Минимальное количество физических дисков - 5.
2. Массив выдерживает потерю одного диска.
3. Эффективность использования дискового пространства можно рассчитать по формуле $\frac{N}{N-1}$, где N - количество физических дисков.
4. Высокая скорость чтения при умеренной скорости записи.

1 Постановка задачи

В данной лабораторной работе нужно смоделировать массив RAID-5 в среде Logisim Evolution, в котором будет реализована запись данных на диски с чередованием избыточности по убыванию. Массив должен состоять из 5 дисков, а каждое сообщения для записи будет состоять из 20 бит. Адрес для записи выбирается оператором в диапазоне от 0 до 255 с помощью 8 разрядного контакта.

Сообщение, введённое оператором, разбивается на 4 части: M1, M2, M3 и M4, после чего из этих частей с помощью арифметических и логических операций вычисляется избыточность по формуле $R = (M1 + M3) \oplus (M2 + M4)$, где \oplus - исключающее или. Далее представлена таблица 1, в которой представлено размещение блоков в массиве с чередованием по убыванию.

	Диск 1	Диск 2	Диск 3	Диск 4	Диск 5
Адрес 0	R	M1	M2	M3	M4
Адрес 1	M1	R	M2	M3	M4
Адрес 2	M1	M2	R	M3	M4
Адрес 3	M1	M2	M3	R	M4
Адрес 4	M1	M2	M3	M4	R
Адрес 5	R	M1	M2	M3	M4
Адрес 6	M1	R	M2	M3	M4
Адрес 7	M1	M2	R	M3	M4

Таблица 1

В данной модели вместо физических дисков будут использоваться виртуальные элементы ОЗУ. Так как избыточность будет состоять из 6 бит (потому что при её исчислении используется арифметический оператор сложения), то сообщения также необходимо расширить до 6 бит записью нуля в старший бит каждого сообщения. Следовательно в модели будут использоваться ячейки памяти ОЗУ размером 6 бит.

Для записи сообщения в массив, оператору необходимо выбрать адрес и сообщение для записи и при включенном контакте записи на диски подать тактовый сигнал.

2 Выполнение работы

2.1 Разбиение сообщения на блоки

Так как сообщение будет записываться на 5 дисков и сообщение имеет длину 20 бит, сообщение будет разбиваться на 4 части по 5 бит, а на оставшийся диск будет записываться вычисленная для сообщения избыточность. Разделение сообщения на блоки реализовано с помощью одного разветвителя 1 в 20 и четырёх разветвителей 5 в 1 (Рис. 1).

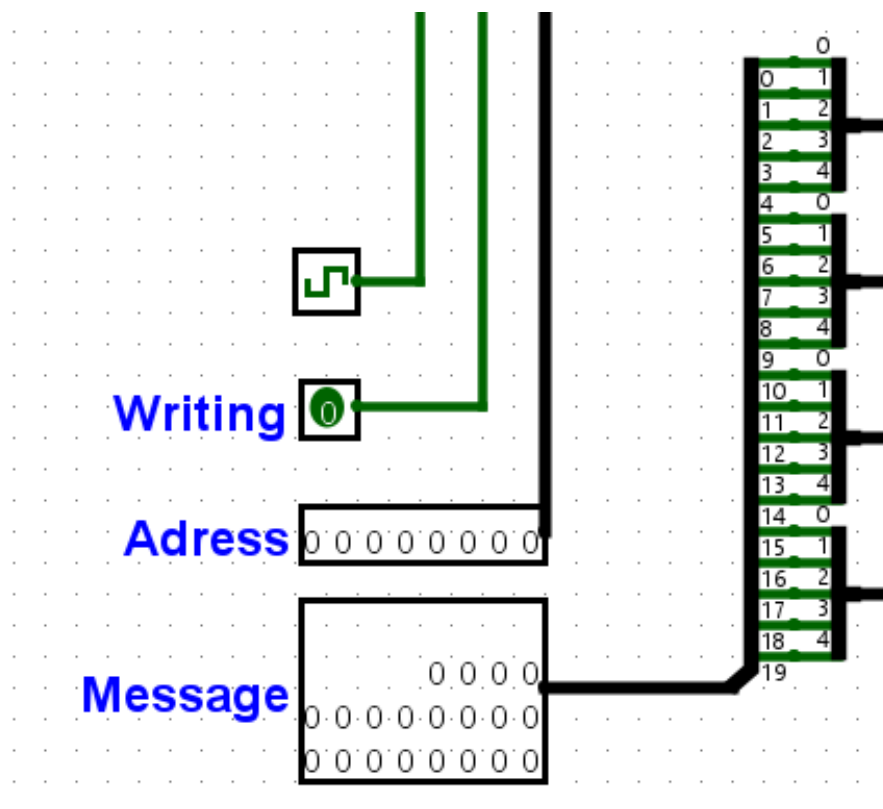


Рис. 1. Разбиение 20 битного сообщения на 4 части по 5 бит

2.2 Формирование избыточности

Далее идёт подсчёт избыточности по формуле $R = (M1 + M3) \oplus (M2 + M4)$, где M1, M2, M3 и M4 - ранее полученные блоки сообщения. Для вычисления избыточности Использовалось два элемента арифметического сложения и один элемент "исключающее или"(Рис. 2).

Стоит заметить, что, так как при вычислении используется арифметическое сложение, то возможна ситуация, при которой результат сложения выйдет за пределы 5 битного блока сообщения. Поэтому на вход элементу "исключающее или" подаются сигналы длиной 6 бит, где в старший бит записывается перенос. Поэтому избыточность имеет длину 6 бит.

Однако, также необходимо выполнить расширение блоков сообщения также на 1 бит до 6 бит, дополнив каждый блок незначащим нулём, чтобы все блоки которые будут записываться на диски имели одинаковую длину. Для этого используются четыре элемента "расширитель битов которые преобразуют 5 битный сигнал в 6 битный.

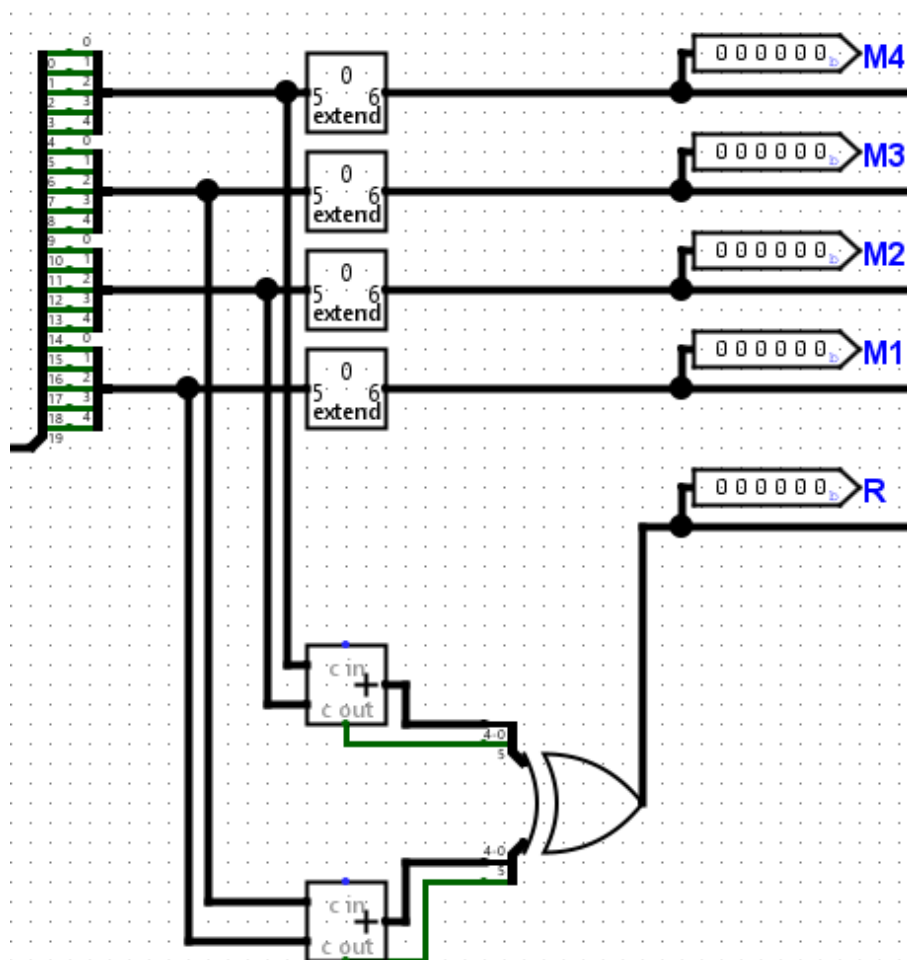


Рис. 2. Расчёт блока избыточности и расширение блоков сообщения

2.3 Расчёт номеров дисков для избыточности и каждого блока

Так как количество дисков равно пяти, то всего существует пять различных вариантов записи блоков сообщения и блока избыточности в память. По заданию необходимо размещать блоки с чередованием по убыванию, далее представлены все варианты записи блоков:

1. Адрес 0: R M1 M2 M3 M4
2. Адрес 1: M1 R M2 M3 M4
3. Адрес 2: M1 M2 R M3 M4
4. Адрес 3: M1 M2 M3 R M4
5. Адрес 4: M1 M2 M3 M4 R

Выбор варианта записи зависит от выбранного оператором адреса для записи сообщения, этот выбор реализован с помощью получения остатка от деления адреса

на количество различных вариантов записи (5) с помощью использования элемента "делитель". Так как адрес имеет длину 8 бит, то и остаток от деления будет иметь длину 8 бит. Максимально возможный остаток от деления при использовании пяти дисков будет равен "101" в двоичной системе счисления, поэтому целесообразно убрать первые пять незначащих нулей с помощью элемента "расширитель битов" из 8 в 3.

Для определения в какой диск будет записана избыточность и каждый блок сообщения используются демультиплексоры, которые будут направлять блок на один из пяти выходов в зависимости от адреса. На их вход подаются значение блока и остаток от деления адреса на количество дисков. Каждый демультиплексор будет иметь пять использующихся выходов, каждый из которых направлен в определённый диск (Рис. 3).

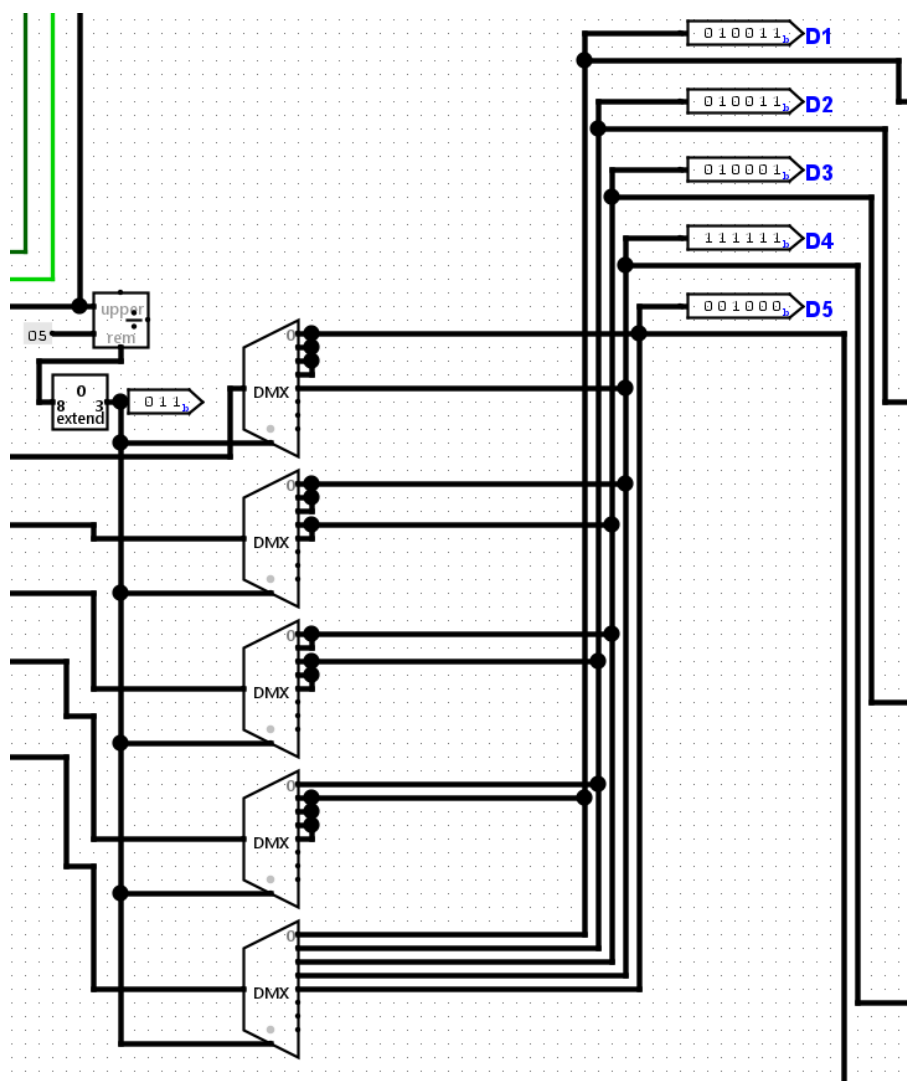


Рис. 3. Направление блоков на диски в зависимости от адреса записи сообщения

2.4 Запись сообщения в элементы ОЗУ

У каждого элемента "ОЗУ" имеется несколько элементов управления, но для организации записи понадобится только 4 из них:

1. 8 битный контакт для выбора адреса записи данных
2. M3 [Write enable] - контакт, который при подаче на него логической единицы делает доступной запись данных в ОЗУ.
3. C1 - контакт, на который подаётся тактовое воздействие с помощью элемента "тактовый генератор".
4. 6 битный контакт, на который подаются данные, которые необходимо записать в ОЗУ.

Для записи сообщения на диски оператор вводит адрес и сообщение для записи, включает запись на диски и подаёт тактовый сигнал с помощью созданных элементов управления (Рис. 4). Все эти сигналы подаются на элементы ОЗУ, которые организуют запись блоков сообщения в выбранный оператором адрес по заранее заданному чередованию. На Рис. 5 представлена схема записи для одного диска, для остальных дисков схема аналогична.

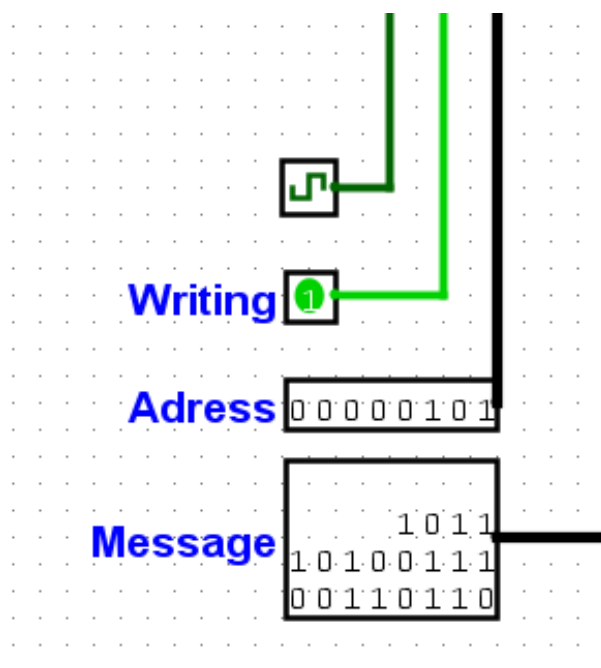


Рис. 4. Элементы управления для записи на диски

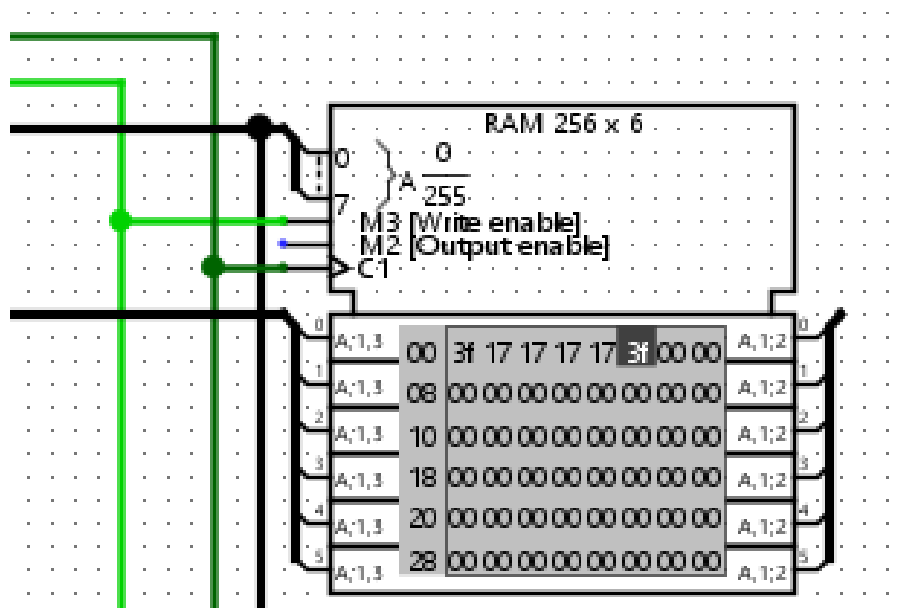


Рис. 5. Элемент ОЗУ после записи одного сообщения на шесть последовательных адресов

3 Результаты работы

В результате выполнения работы была создана модель массива RAID-5 в среде Logisim Evolution, в которой предусмотрена возможность записи сообщения с учётом установленного порядка распределения. Массив состоит из 5 дисков, представляющимися в программе элементами ОЗУ. Эти элементы имеют разрядность 6 бит для того, чтобы массив продолжал корректную работу даже при переполнении при вычислении избыточности.

Введённое оператором сообщение размером 20 бит разбивается на 4 блока по 5 бит, которые потом расширяются до 6 бит. Избыточность вычисляется с помощью использования элементов арифметического сложения и элемента "исключающее или" избыточность также как и блоки сообщения имеет длину 6 бит, чтобы исключить возможность переполнения.

Реализована запись блоков сообщения и блока избыточности на диски с чередованием по убыванию с помощью использования демультиплексоров.

Элементы ОЗУ, которые используются для записи сообщения, имеют ячейки с разрядностью 6 бит, так как разрядность имеет длину 6 бит и блоки сообщения расширяются до 6 бит соответственно.

После создания модели мною была проведена проверка правильности заполнения ячеек ОЗУ в зависимости от введённого адреса и сообщения, которая показала, что модель работает правильно и соответствует принципам работы RAID-5 массива.