

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМРИСТОРОВ В АРХИТЕКТУРЕ ПК

Строгий В. В.

ХТИ – филиал СФУ, e-mail: nx4hor@gmail.com

Рассмотрены преимущества использования мемристора при проектировании элементов интегральных микросхем связанные с тем, что устройство не накапливает заряд как конденсатор и не способствует возникновению магнитного потока, как катушка индуктивности. Использование мемристоров в вычислительных устройствах со стандартной архитектурой позволит увеличить эффективность работы посредством снижения тепловыделения процессора и, возможно, существенного увеличения производительности оперативной памяти. Идея применения мемристоров в конструкциях интегральных микросхем обусловленная задачей снижения тепловыделения реализовалась в виде попытки создания схемы синхронного триггера и организации памяти на мемристоре.

Ключевые слова: мемристор, компьютер, процессор, оптимизация, микроэлектроника, тепловыделение.

USE OF MEMRISTOR IN THE PERSONAL COMPUTER ARCHITECTURE

Strogiy V.V.

Khakas Technical Institute the Branch of SFU, e-mail: nx4hor@gmail.com

The author considers the advantages of the use of memristor in the design of elements in integrated circuits related to the fact that the device does not build up a charge like capacitor and does not contribute to the occurrence of a magnetic flux like inductor. Use of memrists in computers with standard architecture leads to increasing of the work efficiency by reducing the heat dissipation of the processor and, possibly, significant increasing of the performance of the RAM. The idea of using memristors in the designs of integrated circuits caused by the task of reducing the heating rate was realized in the attempt to create a synchronous SR latch and memory organization in a memristor.

The Key Words: memristor, computer, processor, optimization, microelectronics, heat dissipation.

Современные информационные технологии используются практически во всех сферах деятельности человека, современный компьютер обладает высокой производительностью и скоростью передачи информации, однако остаются актуальными задачи увеличения производительности, снижения тепловыделения устройств современной вычислительной техники без увеличения стоимости.

В связи с чем возникла идея повышения эксплуатационных характеристик вычислительной техники при проектировании основных элементов цифровой техники на основе мемристоров. Мемристор (англ. memristor, от memory — память, и resistor — электрическое сопротивление) – пассивный элемент в микроэлектронике, способный изменять своё сопротивление в зависимости от протекавшего через него заряда (интеграла тока за время работы)» [2]. Длительное время мемристор считался теоретической моделью, которую нельзя реализовать практически. Однако первый образец элемента, демонстрирующий свойства мемристора создан в 2008 году коллективом учёных во главе с Р. С. Уильямсом в исследовательской лаборатории фирмы Hewlett-Packard [2]. Устройство не накапливает заряд как конденсатор, не поддерживает магнитный поток, как катушка индуктивности. Изменение свойств устройства обеспечивается химическими реакциями в тонкой двухслойной плёнке

диоксида титана (5 нм). Один слой пленки устройства слегка обеднен кислородом и кислородные вакансии мигрируют между слоями при изменении напряжения. Данную реализацию мемристора относят к классу наноионных устройств. Наблюдающееся явление гистерезиса в мемристоре позволяет использовать его в том числе и в качестве ячейки памяти.

Современные процессоры выделяют значительное количество теплоты в режиме максимальной скорости работы, что крайне нежелательно для постоянно уменьшающихся кристаллов с растущим значением Вт/м².

Наиболее используемые RS триггеры (рис. 1) имеют некоторые недостатки, а именно – постоянно тратят энергию, что создаёт некоторые ограничения в мобильных системах или повышение тепловыделения в стационарных.

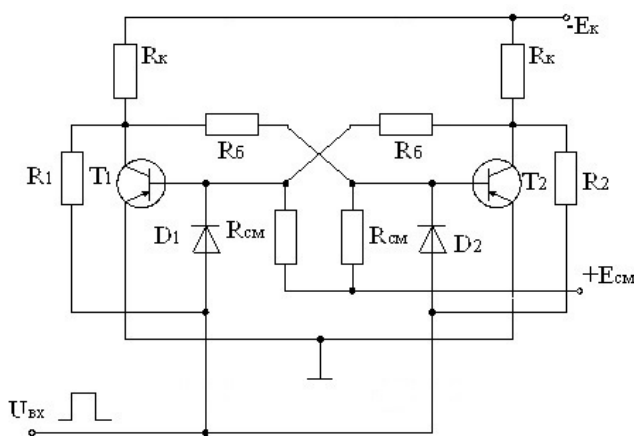


Рис. 1 – Синхронный RS триггер

Постоянное изменение напряжения в некоторых диапазонах на линии выхода создаёт дополнительное реактивное сопротивление. В некоторых случаях, чтобы убрать данный эффект и более сильно стабилизировать напряжение на выходах устанавливают конденсаторы с включённым резистором между полюсами емкости (рис. 2), однако за счёт не мгновенного разряда конденсатора частотный потенциал данной схемы ограничен.

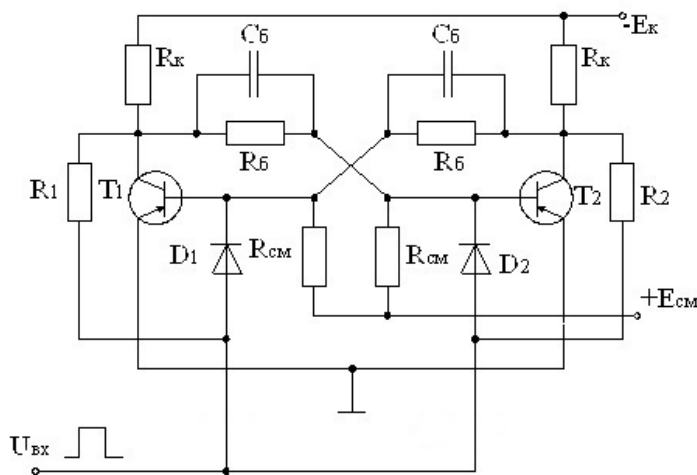
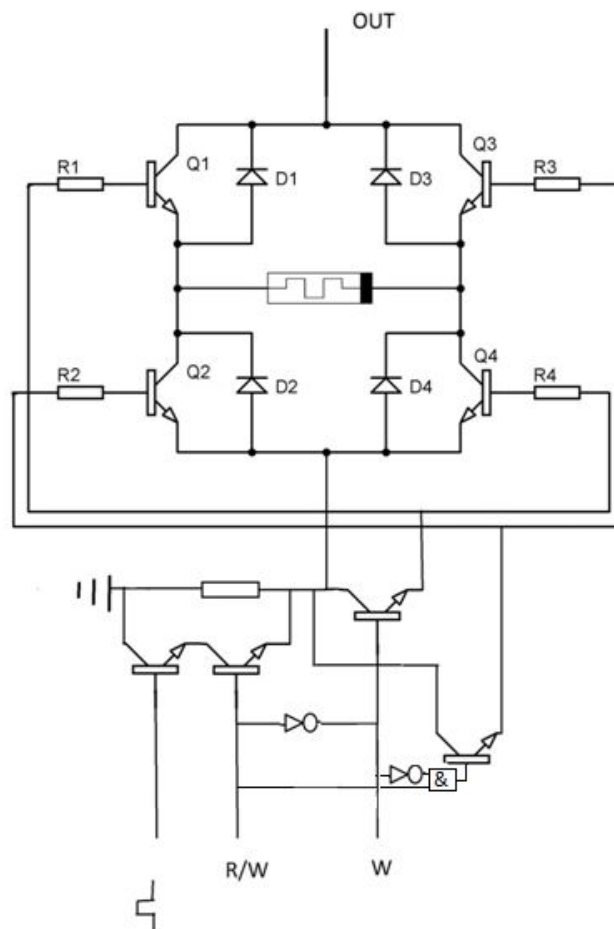


Рис 2 – Синхронный RS триггер с конденсаторами

Для снижения тепловыделения стандартные RS триггеры в транзисторном исполнении рекомендуется модернизировать мемристором в роли блока памяти. Данное устройство имеет два достоинства:

- мемристор является пассивным компонентом и совершает работу только в процессе чтения или записи, причём в считывающем режиме затраты энергии минимальны;
- мемристор является наноионным устройством, поэтому скорость его работы сравнима с транзисторами, что обеспечивает скорость доступа сравнимую со статической памятью с произвольным доступом, которая используется в кеш и регистрах.

Перейдём к устройству триггера на мемристоре (рис. 3)



Out – выходное значение, R/W– запись разрешена, W – запись по значению

Рис 3 – Синхронный триггер на мемристоре

Свойства мемристора в рамках данной модели подразумевают обнуление значения сменой направления тока, для чего применён H-мост. Режим включения записи подразумевает повышение напряжения с малого, применимого для режима чтения, до более высокого, для чего был введён переключатель.

В широко распространённой памяти DRAM на основе конденсаторов есть недостаток, а именно постоянная утечка заряда и необходимость его постоянно обновления. Некоторые переходные процессы, например, при записи, заполнении конденсатора зарядом, его сопротивление возрастает, что снижает скорость записи значения 1 и необходимость удалять заряд из конденсатора для обнуления, что снижает скорость чтения в схемах где предусмотрен барьер против утечек. Для улучшения эксплуатационных характеристик блоки памяти из конденсаторов предлагается заменить памятью на основе мемристоров (рис 5).

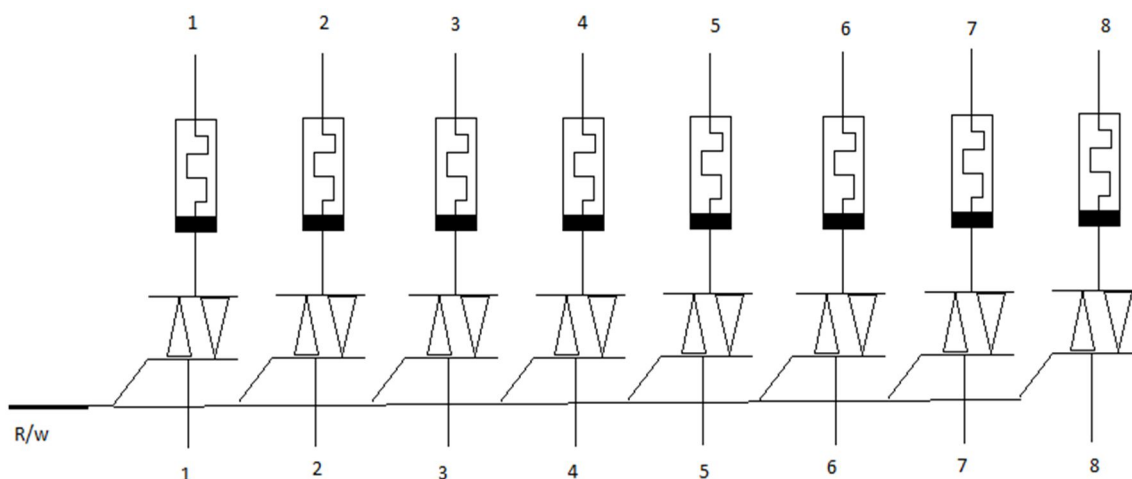


Рис. 5 – Байт памяти (слово) на основе мемристоров

Конструкция одной ячейки состоит из двух последовательно соединенных диодов и мемристора подключенного одним контактом к их общему узлу [1]. Выходы 1..8 снизу и сверху – означают номер устройства, бита памяти. Такое название было выбрано для более точного понимания схемы в условиях явного отсутствия постоянного направления тока во время работы. R/W – выборка всей ячейки, необходима для адресации. Состоит из двух полевых транзисторов связанных классической схемой для проводимости переменного тока.

Так как ячейка памяти использует переменный ток, то мы используем семистор в качестве устройства включения. Далее на схемах этот модуль будем обозначать как на рисунке 6.

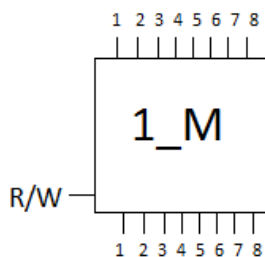


Рис 6 – Схематичное изображение байта памяти на мемристорах

Теперь необходимо создать подходящий контроллер чтения/записи имеющий возможность работать с переменным током по направлению. Ячейка этого контроллера будет иметь следующий вид (рис. 7)

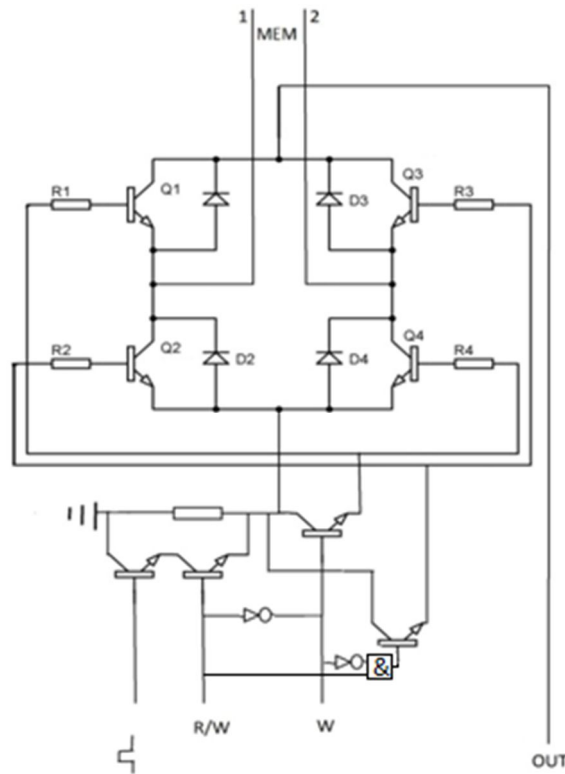


Рис 7 – Контроллер чтения/записи шириной 1 бит

Это устройство так же основано на H-мосте. Далее будем обозначать на схеме как на рисунке 8.

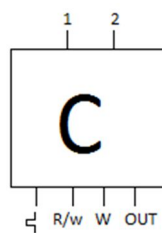


Рис 8 – Схематичное изображение контроллера чтения/записи шириной 1 бит

На данной схеме длина 1 байт, а контроллер может оперировать только 1 бит, поэтому мы совместим контроллер в устройство обработки как показано на рисунке 9. Обозначим данное устройство обработки как на рисунке 10.

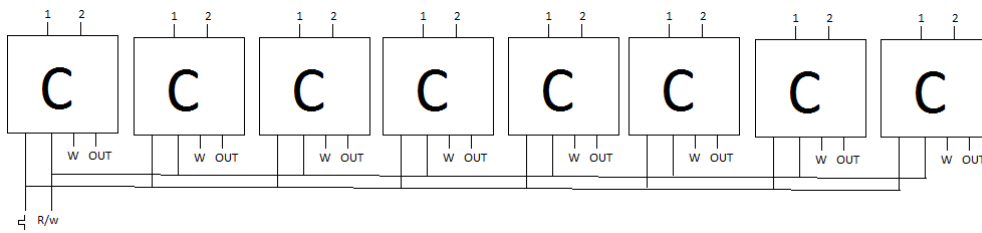


Рис 9 – Устройство обработки

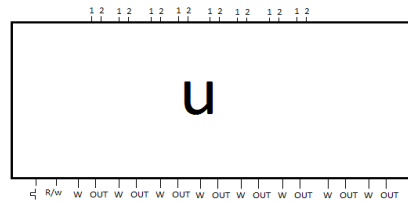


Рис 10 – Схематичное изображения устройства обработки

Расположение их на схеме представлено на рисунке 11.

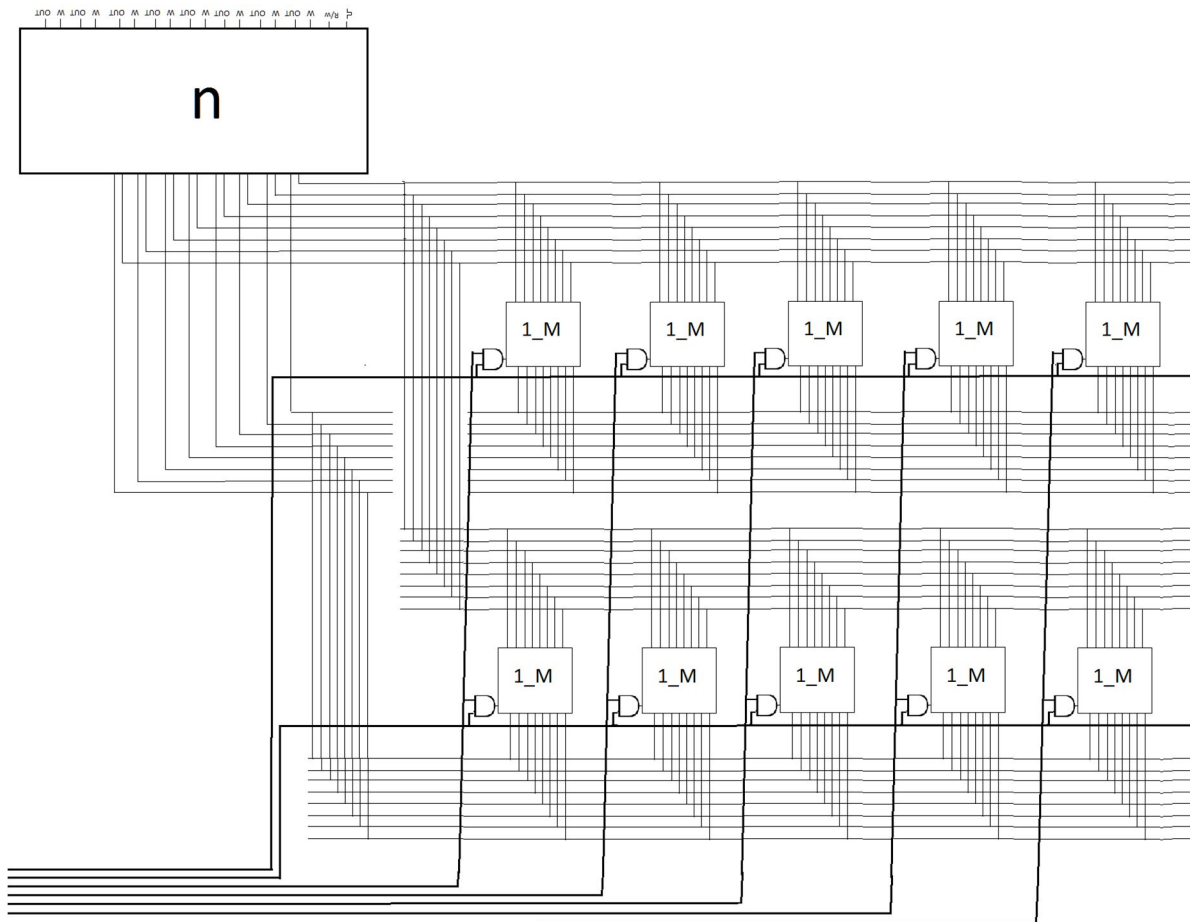


Рис 11 – Схема участка памяти

Высокая плотность расположения мемристоров обеспечит выгодное энергопотребление при доступе, выгодную цену за единицу объёма и помимо этого мемристор не требует поддержания электрического тока для хранения информации. Мемристор является

наноионным устройством, поэтому скорость работы ячеек памяти на его основе во много раз превосходит скорость работы памяти на основе конденсаторов.

Использование мемристоров в вычислительных устройствах со стандартной архитектурой позволяет увеличить эффективность работы вычислительного устройства посредством уменьшения тепловыделения процессора и существенного увеличения производительности оперативной памяти, слияния жёсткого диска с оперативной памятью.

На основании рассмотренного теоретического материала по проектированию вычислительных схем на основе мемристоров было установлено следующее: применение мемристоров в схеме центрального процессора даёт понижение тепловыделения в случае их установки в регистры и кэш-память, остальные случаи не имеют каких-либо преимуществ перед уже применяемыми транзисторами в рамках стандартной архитектуры компьютера.

Список литературы

1. Маевский О.В. Логический коммутатор и запоминающее устройство на основе мемристоровых ячеек для электрической схемы нейропроцессора / Маевский О.В., Писарев А. Д., Бусыгин А.Н., Удовиченко С. Ю. // Вестник Тюменского государственного университета. физико-математическое моделирование. нефть, газ, энергетика. Тюменский государственный университет (Тюмень). – 2016. №4 (2). –С. 100-111.

2. Никитин А.В. Немного о мемристоре... URL:
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0023/001a/1052-nik.pdf>.