

УДК 004.89

**Три новых научных направления в области обработки информации**Мараховский Л.Ф.<sup>1</sup>, Москвин М.В.<sup>2</sup>Государственный экономико-технологический университет транспорта, Украина  
Главный вычислительный центр Укрзалізничці, Украина**Аннотация**

Работа содержит теоретическое обоснование и разработку новых принципов и методов структурной организации многофункциональных запоминающих схем и многоуровневых устройств памяти. Отличительной чертой предлагаемых устройств является то, что обработку информации можно вести в интервалах между устанавливаемыми входными сигналами. Ключевые слова: элемент, устройство, автомат, многофункциональная схема памяти, многоуровневое устройство памяти, перестраиваемое устройство.

**Анотація**

Робота містить теоретичне обґрунтування і розробку нових принципів і методів структурної організації багатofункціональних запам'ятовуючих схем і багаторівневих пристроїв пам'яті. Відмінною рисою пропонованих пристроїв є те, що обробку інформації можна вести в інтервалах між встановлюють входними сигналами. Ключові слова: елемент, пристрій, автомат, багатofункціональна схема пам'яті, багаторівневе пристрій пам'яті, перебудовувані пристрій

**Abstract**

The word contains theoretical substantiation and development of new principles and method of structural organization of multifunctional memory circuits and multilevel memory devices. The characteristic feature of the devices suggested is that the information processing may be performed at the intervals between setting input signals. Key words: element, device, automation, multifunctional memory circuits, multilevel memory devices, reconfigurable devices.

**Введение**

В настоящее время, вопрос об избыточности двоичных схем памяти, поднимается все чаще. На сегодняшний день периодические печатные издания пестреют от всевозможных описаний новейших алгоритмов и технологий для распознавания речи и визуальных образов. Большое количество внимания уделяется созданию новейших сверх производительных компьютерных систем, повышенной мощности, которые якобы способны производить анализ данных на равне с человеческим мозгом.

С другой стороны ведутся исследования, результаты которых убеждают нас в том, что выбранный путь развития приведет отрасль в тупик. Результаты этих исследований продемонстрировали совпадение прогнозов с реальными достижениями в этой области: линейная зависимость (закон Мура) по данным всемирно известной фирмы Интел перестанет действовать к 2010 – 2015 г.г.

Ярким подтверждением этого явилась также разработка фирмой IBM компьютерной микросхемы, которая в состоянии предсказать цунами и оценить риски финансовых рынков. В фирме считают, что эта разработка в процессе своего совершенствования обеспечит анализ моделей реального мира, дальнейшее прогнозирование ситуаций и обучение на своих собственных ошибках, также как и человеческий мозг, адекватно оценивая изменение ситуаций. Это новый шаг в создании более функциональных машин.

Новая микросхема, сможет синтезировать события, происходящие на данный момент и принимать решения в режиме реального времени. В IBM утверждают, что это новинка будет серьезным отходом от парадигмы фон Неймана, на которой базировалась вся архитектура ЭВМ более половины столетия (Опубликовано Мир науки и техники в Чт, 08/18/2011 - 20:16.)

Работая над аналогичными проблемами, д.т.н. Л.Ф.Мараховский разработал комплекс устройств для изменения архитектуры функционирования вычислительных систем и совершенствования элементной базы систем автоматной памяти.

**Проблемы двоичной памяти**

По мнению д.т.н. Л.Ф. Мараховского разработчика вычислительных устройств с памятью на двоичных триггерах уже столкнулись с проблемами, которые затрудняют создавать самоперестраиваемые вычислительные устройства.

Как писал А.П. Стахов “К сожалению, этот важнейший принцип – использование двоичной системы как основы современных компьютеров – таит в себе одну «ловушку», в которую попала вся компьютерная техника и основанная на ней информационная технология. Основная проблема заключается в том, что двоичная система обладает «нулевой избыточностью». Это означает, что в классической двоичной системе отсутствует механизм обнаружения ошибок в процессоре и компьютере, которые неизбежно (с большей или меньшей вероятностью) могут возникнуть под влиянием различных внешних и внутренних факторов (прежде всего разнообразных внешних воздействий и помех, действующих в шинах питания и каналах связи). Это отвергает любую возможность обнаружения и устранения ошибок в рамках двоичной системы счисления без введения дополнительных контрольных средств. И в следствии мы имеем то, что устройства, основанные на двоичной системе, являются принципиально ненадежными.

Из этих рассуждений мы приходим к следующему выводу: Человечество становится заложником современной компьютерной технологии, основанной на двоичной памяти. Компьютеры, использующие двоичную систему, являются принципиально ненадежными и не могут эффективно использоваться во многих

важных приложениях, в частности, для управления сложными технологическими объектами, где проблема надежности компьютеров выступает на передний план. « Д.т.н. Л.Ф.Мараховский пришел к такому же выводу, двоичные триггеры имеют жесткую структуру функционирования, т. е. не изменяют структуру запоминания состояния в связи с тем, что все состояния запоминаются при одном сохраняющем входном сигнале [1].

Например, при  $R=0$  и  $S=0$ , если триггер типа RS построен на элементах ИЛИ-НЕ [2]. В связи с этим были построены многофункциональные схемы памяти, которые имели два потока входных сигналов: устанавливающих и сохраняющих [3–5]. Это чем-то напоминает нейрон, который имеет два потока входных сигналов: возбуждающих и тормозящих. Множество сохраняющих сигналов способно перестраивать структуру сохранения состояний в элементе памяти, что, на взгляд авторов, важно при построении реконфигурируемых устройств с учетом элементного уровня.

### Новый подход к созданию перестраиваемых схем элементарной памяти

При использовании триггера для построения реконфигурируемых устройств требуется сложный автомат стратегии, который строится на «автоматном» уровне и требует минимум два такта для перестройки (вначале должен сработать автомат стратегии, а потом осуществится запуск одной из ветви многофункционального автомата).

В нашем случае, при использовании многофункционального элемента и построение многоуровневой схемы памяти, в которой в качестве автомата стратегии используется такая же элементарная схема памяти, не требует дополнительного такта, так как автомат стратегии и многофункциональный автомат устанавливаются одновременно в новые состояния, а в промежутках между устанавливающими сигналами автомат стратегии генерирует сохраняющие сигналы.

Что же главное и принципиальное в новом подходе: 1. Рассмотренная новая теория автоматов 3-го рода, которая позволяет осуществлять переход в автоматах по двум переменным. Эти переменные определяют два потока входной информации: • Устанавливающих состояния автомата; • Сохраняющих определенных состояния в определенных подмножествах, которые определяют поток выходной информации в том или другом направлении. 2. Рассмотренные элементарные многофункциональные схемы памяти, которые расширяют этим элементарную базу современных интегральных схем и позволяют осуществлять качественно новые переходы в детерминированном, вероятностном и нечетких режимах.

Эти все реконфигурируемые устройства способны изменять алгоритм своей работы на «элементном» уровне за счет способности схем памяти [13] осуществлять свои переходы по двум переменным: входным устанавливающим и сохраняющим сигналам.

В настоящее время во всех интегральных схемах и устройствах в качестве памяти используют триггеры, что вынуждает разработчиков строить сложные дополнительные устройства стратегии на «автоматном» уровне для построения реконфигурируемых устройств, что крайне не целесообразно. Кратко рассмотрим задание автоматов с памятью на многофункциональных схемах памяти.

### Автоматы третьего рода

Автоматы третьего рода обладают возможностью за один машинный такт обрабатывать общую (информацию сохранения состояний в схеме памяти) и частную (устанавливающую новые состояния в схеме памяти).

В автоматах Мараховского вводится и используется автоматное непрерывное время, в котором кроме такта  $t_i$  используется еще промежуток между тактами  $t_i$ , интервал которого обозначим символом « $\Delta$ »,  $\Delta(\Delta)$ , . .

Рассмотрим автоматное непрерывное время с учетом синхронных сигналов  $\tau_j$

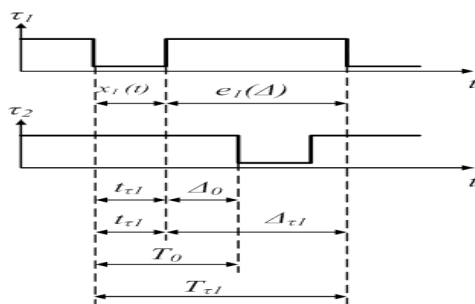


Рис. 1 Временные соотношения

Автоматное непрерывное время дает более полную возможность исследовать закон функционирования не только автоматов Мили и Мура, реализованных на триггерах, на протяжении дискретного автоматного времени  $t_i$ . Однако, исследовать многофункциональные 1-го и 2-го рода и автоматы Мараховского, реализованные на схемах автоматной памяти, на протяжении внутреннего такта  $\Delta_i$ , можно только в автоматное непрерывное время. Рассмотрение автоматного непрерывного времени помогает более полному исследованию законов функционирования автомата на абстрактном уровне [1, 2, 6, 8, 11]. В автоматах Мили, рассматриваемых в автоматном дискретном времени, выходной сигнал  $y(t)$  определяется парой  $(x(t), a(t-1))$ , а сам автомат называется автоматом первого рода. В автоматах Мура, рассматриваемых в автоматном дискретном времени, выходной сигнал  $y(t)$  определяется только состоянием автомата  $a(t)$ , а сам автомат называется автоматом второго рода. В автоматах Мараховского, реализованных на схемах автоматной памяти и рассматриваемых в автоматном непрерывном времени, выходной сигнал исследуется

как для многофункционального автомата 1-го и 2-го рода с использование входных сигналов  $x(t)$  и  $(\Delta)$ . Автоматы Маратовского 3-го рода являются более общим типом цифровых автоматом, а автоматы Мили и Мура являются их частным случаем. Кроме этого в автоматах Маратовского рассматривается автомат 3-го рода, который дополняет теорию автоматов 1-го и 2-го рода. Закон функционирования абстрактного автомата в автоматном непрерывном времени в случае автомата 1-го рода задается уравнениями:

$$\begin{cases} a(t) = \delta_0(a(\Delta - 1), x(t)); \\ a(\Delta) = \delta_e(a(t), e(\Delta)); \\ y_L^1(t) = \lambda_1(a(\Delta - 1), x(t)); \\ a(t), a(\Delta) \in \pi_j; \quad i = 0, 1, 2, \dots; \quad \Delta = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

Закон функционирования абстрактного автомата в автоматном непрерывном времени в случае автомата 2-го рода задается уравнениями:

$$\begin{cases} a(t) = \delta_0(a(\Delta - 1), x(t)); \\ a(\Delta) = \delta_e(a(t), e(\Delta)); \\ y_L^2(T) = \lambda_2(a(\Delta), a(\Delta)); \\ a(t), a(\Delta) \in \pi_j; \quad i = 0, 1, 2, \dots; \quad \Delta = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

Закон функционирования абстрактного автомата в автоматном непрерывном времени в случае автомата 3-го рода задается уравнениями:

$$\begin{cases} a(t) = \delta_0(a(\Delta - 1), x(t)); \\ a(\Delta) = \delta_j(a(t), e(\Delta)); \\ y_L^3(\Delta) = \lambda_3(a(\Delta), e(\Delta)); \\ a(t) \notin \pi_j, a(\Delta) \in \pi_j; \quad i = 0, 1, 2, \dots; \quad \Delta = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

Установлением законов функционирования абстрактных автоматов 1-го, 2-го и 3-го рода обобщенного абстрактного автомата заканчивается определение абстрактного автомата.

Смысл понятия абстрактного автомата 1-го рода состоит в реализации некоторого отображения 1 последовательного множества элементарных  $p$  слов, состоящих из букв входного информационного алфавита  $X$  и букв входного сохраняющего алфавита  $E$ , в множество слов выходного алфавита  $Y_1$ .

Каждое элементарное входное слово  $p$  ( $p=x, e$ ), последовательно подается на вход данного абстрактного автомата, установленного предварительно в начальное состояние. В момент такта  $t$  под воздействием входной  $x(t)$  буквы входного информационного алфавита  $X$  автомат способен перейти в новое состояние подмножества состояний  $\pi_j$ , сохраняющегося при входной букве  $e_j(\Delta), Q(\pi_j, Q)$ , а также выдавать соответствующий выходной сигнал  $y(t)$  – некоторую букву выходного алфавита  $Y_1$ .

Смысл понятия абстрактного автомата 2-го рода состоит в реализации некоторого отображения  $\phi_2, Y_2$ .

Каждое элементарное входное слово  $p$  ( $p=x, e$ ), последовательно подается на вход данного абстрактного автомата, установленного предварительно в начальное состояние. В момент такта  $t$  под воздействием входной  $x(t)$  буквы входного информационного алфавита  $X$  автомат способен перейти в новое состояние подмножества состояний  $\pi_j$ , сохраняющегося при входной букве  $e_j(\Delta), Q(\pi_j, Q)$ , а также выдавать соответствующий выходной сигнал  $y(T)$  – некоторую букву выходного алфавита  $Y_2$ .

Смысл понятия абстрактного автомата 3-го рода состоит в реализации некоторого отображения 3 последовательного множества элементарных  $p$  слов, состоящих из букв входного информационного алфавита  $X$  и букв входного сохраняющего алфавита  $E$ , в множество слов выходного алфавита  $Y_3$ .

Каждое элементарное входное слово  $p$  ( $p=x, e$ ), последовательно подается на вход данного абстрактного автомата, установленного предварительно в начальное состояние. В момент такта  $t$  под воздействием входной  $x(t)$  буквы входного информационного алфавита  $X$  автомат способен перейти в новое состояние подмножества состояний  $\pi_j$ , сохраняющегося при входной букве  $e_j(\Delta)$  входного сохраняющего алфавита  $E$  автомат, и входящего в множество состояний  $Q(\pi_j, Q)$ , а также выдавать соответствующий выходной сигнал  $y(\Delta) \in Y_3$ .

Абстрактный обобщенный  $M$ -автомат, который описывается векторами (1-3), имеет два входа  $X$  и  $E$  та три выхода  $Y_1, Y_2, Y_3$  (рис. 2.6). Функционирование автомата исследуется в автоматном непрерывном времени  $T [1, 2, 6, 8]$ .

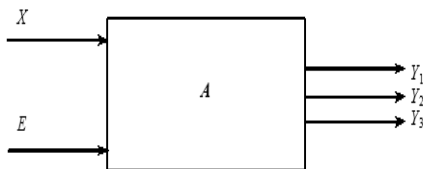


Рис. 2. Структурная схема абстрактного  $M$ -автомата

**Элементарные схемы памяти третьего рода**

Элементарные многофункциональные схемы памяти представляют собою матрицу запоминаемых состояний [5, 11], состоящую из блоков  $\pi_j$ , представляющих строки матрицы, в которых сохраняются подмножества определенных состояний автоматной схемы памяти под влиянием входного сигнала  $e(\Delta), \mu_j$ , представляющие столбцы матрицы с определенными подмножествами состояний автоматной схемы памяти, устанавливаемых входным сигналом  $x(t)$ .



Рис. 3. Матрица сохраняемых состояний

Обратим внимание, что в триггерах сохраняется только одно подмножество состояний автомата, которое сохраняется под воздействием только одного сохраняющего входного сигнала  $e(\Delta), \dots, [1]$ .

Если принять по аналогии за основу постулат, что ячейка мозга имеет 7–8 уровней, как и человеческий мозг кратковременной памяти, а информация имеет двоичную систему счисления (есть сигнал или его нет), то ячейка памяти должна сохранять около 256 различных состояний. При этом число различных возбуждающих (устанавливающих) сигналов должно соответствовать тоже 256. Количество уровней других нейронов, которые способны воздействовать на тормозящие (сохраняющие) входные сигналы не должно превышать 8, так как  $2^8 = 256$ .

Модель искусственного нейрона можно рассматривать как многофункциональные (рис. 2) и многоуровневые (рис. 3) схемы памяти [2–5, 9, 13].

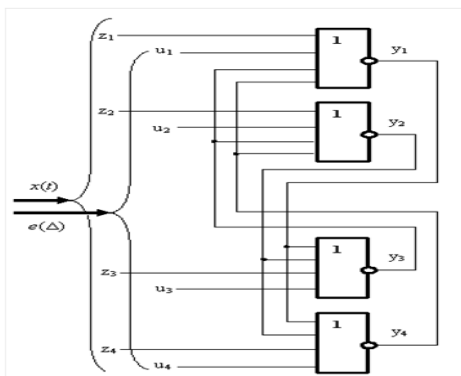


Рис. 4. МФСП класса L

Многофункциональные (рис. 2) схемы памяти могут функционировать как разные 9 триггеров и обладать возможностью осуществлять однозначные (рис. 3), укрупненные (рис. 4), вероятностные (рис. 5–6) и нечеткие переходы (рис. 7), которые аналогичны переходам в нейронах человеческого мозга, как считают авторы [2].



Рис. 5. Однозначный переход

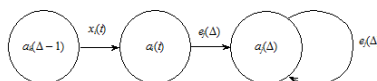


Рис. 6. Укрупненный переход

Многофункциональные детерминированные абстрактные автоматы 3-го рода используются не только для реализации функций однозначного перехода в новое состояние  $a(t)$  при соответствующем входном сигнале  $x(t)$  при условии сохранения этого состояния после окончания сигнала  $x(t)$ , но и при использовании переходов во время внутреннего такта  $\Delta(\Delta)$  при соответствующем входном сигнале  $e(\Delta)$ , как это изображено на рис. 4.

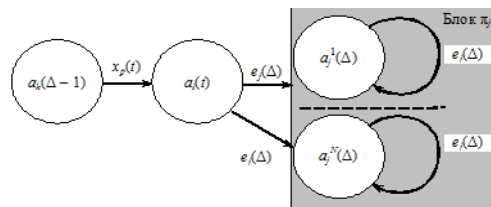


Рис. 7. Вероятностный переход первого типа

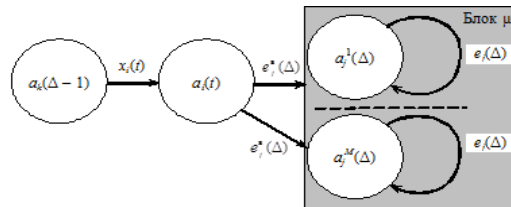


Рис. 8. Вероятностный переход второго типа

Вероятностные абстрактные автоматы 3-го рода первого и второго типа используются для реализации функций вероятностного перехода в новое состояние  $a(\Delta)$  при соответствующих входных элементарных словах  $1(T)$  или  $2(T)$  с определенной вероятностью во время внутреннего такта  $\Delta$ , как это изображено на рис. 5 (для автомата 3-го рода первого типа) и на рис. 6 (для автомата 3-го рода второго типа). Абстрактные автоматы 3-го рода используются для реализации функций нечеткого перехода в новое состояние  $a(\Delta)$  при соответствующем входным элементарным словом  $(T)$  с определенной вероятностью  $P_n$  во время внутреннего такта  $\Delta$ , как это изображено на рис. 7.

## Выводы

В статье представлены работы в области теории автоматов 3-го рода на основе перестраиваемых элементарных схем памяти, которые наиболее целесообразно использовать в новых перспективных разработках, которые фундаментально отличаются от существующих на сегодняшний день.

Использование предложенных схем памяти, которые по своим функциональным свойствам аналогичны нейронам человеческого мозга, позволяют подойти более системно, к построению перестраиваемых устройств компьютерных систем и создание функциональной модели человеческого мозга. Использование технологии элементарных схем автоматной памяти, в частности автомата 3-го рода, позволит произвести качественно новый виток в истории создания систем искусственного интеллекта, систем способных к самообучению и самоорганизации, систем способных изменить мир к лучшему.

## Литература:

1. Мараховский Л. Ф. Конечные автоматы с многофункциональной системой организации памяти: Учебн. пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 67 с.
2. Мараховский Л. Ф. Комп'ютерна схемотехніка: навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2008. – 360 с
3. Мараховский Л.Ф. Многоуровневые устройства автоматной памяти. I ч. – Киев: УСиМ. – №1. – 1998. – С. 66-72
4. Мараховский Л.Ф. Многоуровневые устройства автоматной памяти. II ч. – Киев: УСиМ. – №2. – 1998. – С. 63-69
5. Мараховский Л.Ф. Многофункциональные схемы памяти. – Киев: УСиМ – № 6. -1996. – С. 59-69
6. Мараховский Л.Ф. Основы теории проектирования дискретных устройств. Логическое проектирование дискретных устройств на схемах автоматной памяти: монография. – Киев: КГЕСУ, 1996. – 128 с.
7. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Структурний автомат. – Патент. – Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 25816 від 27 серпня 2007 р. – (51) МПК (2006) G06F 1/00 – Бюл. 13. – 12 с.
8. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Перспективи розвитку напівпровідникової отрясли / Друга Міжнародна конференція "Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку" 21-23 листопада 2007. – Київ, Україна. – 10 с.
9. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Схема пам'яті. – Патент. – Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 29581 від 25 січня 2008 р. – (51) МПК (2006) G05B 11/42 – Бюл. 2. – 14 с.
10. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Схема пам'яті. – Патент. – Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 29582 від 25 січня 2008 р. . – (51) МПК (2006) G05B 11/42 – Бюл. 2. – 10 с.
11. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф., Погребняк В.Д. Схема пам'яті. – Патент. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 34166 від 25 липня 2008 р. – (51) МПК (2006) H03K 29/00 – Бюл. 14. – 12 с.
12. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Електронна обчислювальна машина. – Патент. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 34167 від 25 липня 2008 р. – (51) МПК (2006) G06F 17/00 – Бюл. 14. – 10 с.