

Мараховский Л.Ф., Михно Н.Л., Москвин М.В.

АВТОМАТЫ ТРЕТЬЕГО РОДА – НОВЫЙ ШАГ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА

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, перестраиваемые устройство.

Введение

В докладе Чечика А.Л. и Заикиной Е.А. «Оценки эффективности экономик стран мира на современном этапе развития» дается ссылка на работы д.т.н. Л.Ф. Мараховского о возможности прогнозирования эволюционного развития цифровых микросхем и технологий с использованием прогностических математических формул, предложенных В.И. Акуновым. Результат этого исследования продемонстрировал 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.

Для создания подобных чипов в IBM объединили достижения в области нанотехнологий, нейробиологии и суперкомпьютеров. Начальный этап исследований в области нейросинаптических чипов профинансировало американское агентство передовых научных разработок DARPA, выделив на проект 21 млн. долларов. Исследования велись в рамках научного проекта Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics (SyNAPSE).

Сейчас исследователи говорят, что созданные чипы пока способны анализировать данные, но не способны *самоперестраиваться*. Данная способность, как надеются исследователи, у них появится в будущем.

"Будущие приложения будут предъявлять повышенные требования к компьютерам и нам либо придется значительно наращивать вычислительные возможности чипов, либо делать их более интеллектуальными", - говорит Дхармендра Модха, руководитель данного проекта в IBM Research.

Проблемы двоичной памяти

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

Как писал д.т.н. 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. Дело в том, что двоичная система обладает «нулевой избыточностью». Что это означает и к чему это приводит? 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). То есть никакая ошибка не может быть обнаружена в рамках двоичной системы счисления без введения дополнительных контрольных средств. Это приводит к тому, что устройства, основанные на двоичной системе, являются принципиально ненадежными. Когда в нашем персональном «Неймановском компьютере» возникает сбой, то мы эту проблему решаем очень просто – мы перезагружаем компьютер и приводим его таким способом в исправное состояние. Но как быть в ситуации, когда процессор и генерируемая им компьютерная программа управляют функционированием сложного технологического объекта (без участия человека), например, ракеты, самолета, атомной станции и т.д.? Это означает, что сбой всего лишь одного электронного элемента в процессоре может привести к грандиозной технологической катастрофе. Всем хорошо известны катастрофы при запуске ракет, которые в результате сбоя компьютерной программы приводили к отклонению ракеты от заданного курса и, в конечном итоге, к катастрофе.

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, но с другого конца: 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 моем подходе:

1. Созданы и запатентованы многофункциональные [15] и многоуровневые [13,14] элементарные схемы памяти, которые по быстродействию не уступают триггерам, и:

- Имеют меньше аппаратных затрат на одно запоминаемое состояние (выигрыш в аппаратуре!);
- Имеют меньше на порядок внутренних связей, что очень важно в интегральных схемах;
- И самое главное – способны изменять структуру запоминания состояний в процессе работы, что триггеры принципиально делать не в состоянии;

2. Созданы и запатентованы:

- Электронная вычислительная машина [16] на многофункциональных [15] и многоуровневых [13,14] элементарных схемах памяти;
- Структурный автомат [11], в котором защищена теория автоматов 3-го рода;
- Микропрограммное устройство управления [20], на многофункциональных [15] и многоуровневых [13,14] элементарных схемах памяти.

Эти все реконфигурируемые устройства способны изменять алгоритм своей работы на «элементном» уровне за счет способности схем памяти [13–15] 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

Французский ученый А. Кофман писал, что *«...не рискуя слишком ошибиться, можно предсказать, что технология будет развиваться по пути, сближающем идеи компьютерного и обычного человеческого мышления, в ожидании того дня, когда компьютеры начнут обрабатывать общую информацию принципиально параллельно, без предварительной последовательной обработки. Тогда эти машины позволят обрабатывать нечеткости с помощью нечеткостей, а не с помощью пусть даже сверхминиатюрных компьютеров»*

Автоматы третьего рода как раз и 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 « Δ ». Это объясняется тем, что в интервале Δ используется сохраняющий входной сигнал $e(\Delta)$, который в автоматах Мили и Мура называется пустым словом нулевой длины и не учитывается в работе автоматов, а в автоматах Мараховского может использоваться для осуществления переходов в памяти автомата.

Рассмотрим автоматное непрерывное время с учетом синхронных сигналов τ_j

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 Δ_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 использованием входных сигналов $x(t)$ и $e(\Delta)$. Автоматы Мараховского 3-го рода являются более общим типом цифровых автоматов, а автоматы Мили и Мура являются их частным случаем. Кроме этого в автоматах Мараховского 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:

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

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

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

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

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

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 φ_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 π_j , сохраняющегося при входной букве $e_j(\Delta)$ входного сохраняющего алфавита E автомат, и входящего в множество состояний Q ($\pi_j \in Q$), 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 φ_2 последовательного множества элементарных p слов, состоящих из букв входного информационного алфавита X и букв входного сохраняющего алфавита E , в множество слов выходного алфавита 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 π_j , сохраняющегося при входной букве $e_j(\Delta)$ входного сохраняющего алфавита E автомат, и входящего в множество состояний Q ($\pi_j \in Q$), 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 φ_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 π_j , сохраняющегося при входной букве $e_j(\Delta)$ входного сохраняющего алфавита E автомат, и входящего в множество состояний Q ($\pi_j \in Q$), а также выдавать соответствующий выходной сигнал $y(\Delta)$ – некоторую букву выходного алфавита Y_3 .

Абстрактный обобщенный М-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, 22].

Элементарные схемы памяти третьего рода

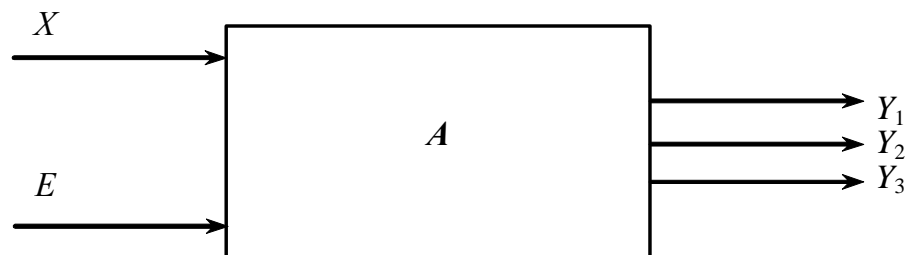


Рис. 1. Структурная схема абстрактного М-автомата

Элементарные многофункциональные схемы памяти представляют собою матрицу запоминаемых состояний [5, 15], состоящую из блоков π_j , представляющих строки матрицы, в которых сохраняются подмножества определенных состояний автоматной схемы памяти под влиянием входного сигнала $e(\Delta)$, и блоков μ_i , представляющие столбцы матрицы с определенными подмножествами состояний автоматной схемы памяти, устанавливаемых входным сигналом $x(t)$.

Обратим внимание, что в триггерах сохраняется только одно подмножество состояний автомата, которое сохраняется под воздействием только одного сохраняющего входного сигнала $e(\Delta)$, которое в работе автоматов Мили и Мура не учитывается, и, как говорилось ранее, называется пустым словом нулевой длины [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, 13–15, 18, 19, 21, 23].

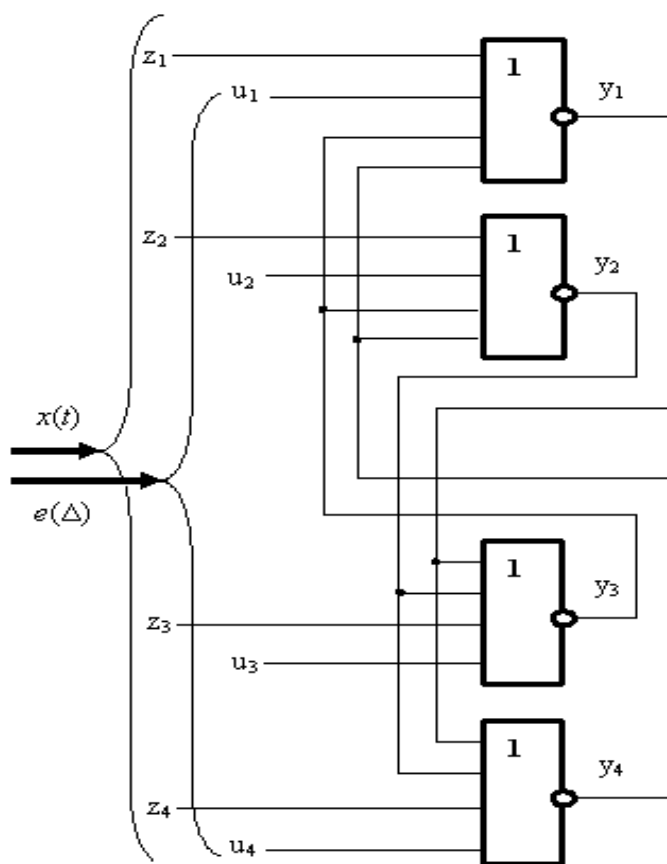


Рис. 2. МФСП класса L

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, 22, 23].

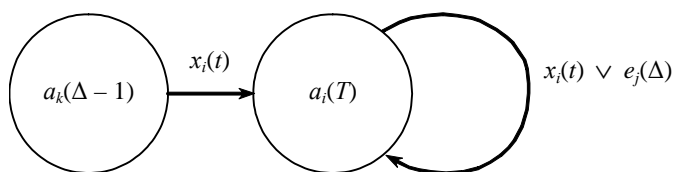


Рис. 3. Однозначный переход

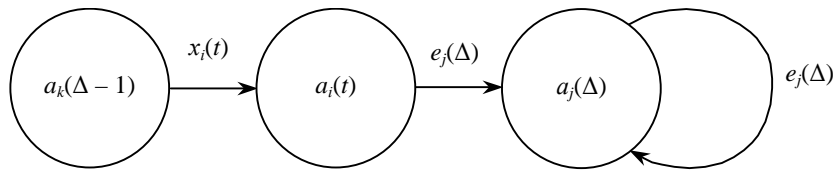


Рис. 4. Укрупненный переход

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 Δ для реализации укрупненного перехода в новое состояние $a(\Delta)$ при соответствующем входном сигнале $e(\Delta)$, как это изображено на рис. 4.

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 $p_{в1}(T)$ или $p_{в2}(T)$ с определенной вероятностью P_e во время внутреннего такта Δ , как это изображено на рис. 5 (для автомата 3-го рода первого типа) и на рис. 6 (для автомата 3-го рода второго типа).

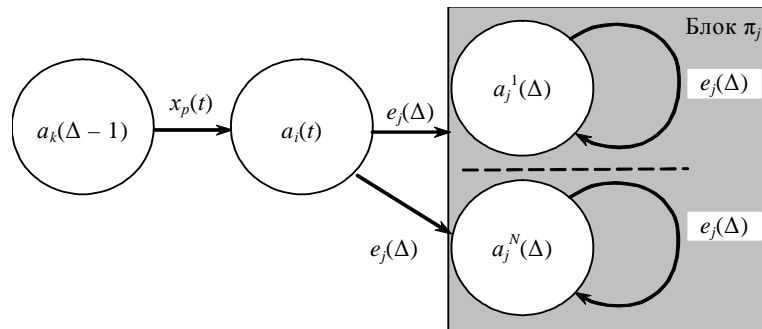


Рис. 5. Вероятностный переход первого типа

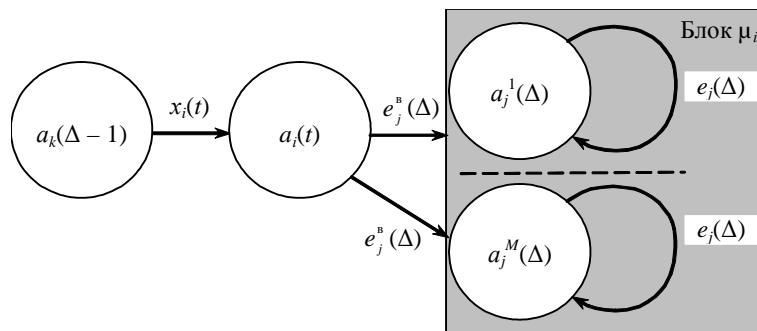


Рис. 6. Вероятностный переход второго типа

Абстрактные автоматы 3-го рода используются для реализации функций нечеткого перехода в новое состояние $a(\Delta)$ при соответствующем входным элементарным словом $p_n(T)$ с определенной вероятностью P_n во время внутреннего такта Δ .

Выводы

В докладе представлены фундаментальные работы в области теории автоматов 3-го рода на основе перестраиваемых элементарных схем памяти, которые наиболее целесообразно использовать в новых перспективных разработках таких, которые ведутся в рамках научного проекта в IBM Research. под руководством Дхармендра Модха, а также перспективные разработки в рамках микропроцессоров Фибоначчи под руководством д.т.н. А.П. Стахова [24-25], а также в реконфигурируемых системах, способных изменять структуру запоминания информации в процессе обработки информации.

Автор надеется, что его исследования и открытия будут интересны проектировщикам новой техники. Более подробно с ними можно познакомиться по предлагаемому списку литературы.

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: КГСУ, 1996.–128 с.
7. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф., Марушко І.О. Новий напрям у розвитку сучасної комп'ютерної техніки та проблеми соціоніки "людина-комп'ютер"./ Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління, Тези доповідей третьої науково-практичної конференції –Серія «Техніка, технологія».–К.: 2005 – С. 136–137.
8. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Математические основы многофункциональных автоматов 1-го и 2-го рода и автоматов 3-го рода. – «Академія Тринитаризма», М., Эл№77-6567, пул.14296. 17.03.07. – 36 с.
9. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Теория построения потенциальных элементарных схем автоматной памяти. – «Академія Тринитаризма», М., Эл№77-6567, пул.14508. 16.07.07. – 19 с.
10. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф., Шарапов А.Д., Воеводин С.В. Имитационное моделирование цифровых логических схем и учебный процесс. / Доповідь на Другій Міжнародній конференції "Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку"21-23 листопада 2007 Київ, Україна – С. 268-275.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф., Шарапов О.Д., Воеводін С.В. Досвід використання імітаційного моделювання в комп'ютерній схемотехніці у навчальному процесі / Доповідь на Другій Міжнародній конференції "Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку" 21-23 листопада 2007. – Київ, Україна. – С.34.
18. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Елементарні багатофункціональні схеми автоматної пам'яті. / Збірник наукових праць ДЕТУТ, Серія «Транспортні системи і технології», 2008, Вип. 13. – С. 229-241
19. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Определение входных слов элементарных многофункциональных схем автоматной памяти. / Збірник наукових праць ДЕТУТ, Серія «Транспортні системи і технології», 2009, Вип. 14. – С. 139-151.
20. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф. Мікропрограмний пристрій керування. – Патент. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі № 87871 від 28. 08 2009 р. – (51) МПК (2009) G06F 9/00 – Бюл. 16. – 6 с.
21. Міхно Н.Л., Мараховський Л.Ф., Шарапов А.Д., Воеводін С.В. Комп'ютерна схемотехніка: практикум для бакалаврів спец. «Інтелектуальні системи прийняття рішень».– Київ: КНЕУ, 2008. –245 с.
22. Міхно Н.Л., Гавриленко В.В., Мараховський Л.Ф. Математичні основи цифрових автоматів третього роду. / Вісник Націо-нального транспортного університету. – Ч.2. – К.: НТУ.– Випуск 17, 2008. – С 329–335.
23. Міхно Н.Л., Зайцев О.В., Гавриленко В.В., Мараховський Л.Ф. Структурний синтез автоматів для одночасної обробки загальної та окремої інформації / Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2009 р. – Вип. 139. – С. 114–120
24. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. Пер. с фран. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с
25. Стахов А. П. -- Микропроцессоры Фибоначчи - как одна из базисных инноваций будущего технологического уклада изменяющих уровень информационной безопасности систем.– Академия Тринитаризма -- Школа Золотого Сечения
26. Стахов А. П. -- Об избыточности системы Бергмана (ответ А В Никитину). – Академия Тринитаризма -- Школа Золотого Сечения.
27. Міхно Н. Л. Способы построения реконфигурируемого процессора на «элементарном» уровне. / Збірник наукових праць ДЕТУТ, Серія «Транспортні системи і технології», 2011, Вип. 18. – С. 84 – 94.