

МАКЕТЫ НЕЙРОСИНАПТИЧЕСКОГО ЯДРА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

О. У. Сатторов

доцент кафедры «Автоматизация и управления» Навоийского государственного
горно-технологического университета

Sh. Sh. Муродуллаева

магистр Навоийского государственного горно-технологического университета

Аннотация

Описаны результаты разработки отдельных компонентов программно-аппаратного комплекса нейросинаптического ядра, который необходим для проверки созданных ранее подходов по реализации нейросетевых алгоритмов, а также может быть использован как средство диагностики мемристорных структур в архитектуре типа кроссбар.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, организация производства, выбор кадров, контроль рабочей техники, выявление аномалий, прогнозирование осложнений

Одним из первых шагов на пути создания интегральной микросхемы ускорителя нейросетевых вычислений является разработка программноаппаратной платформы для моделирования и тестирования отдельных компонентов нейросинаптических ядер, являющихся основным строительным элементом будущего процессора.

Традиционно моделирование работы отдельных схмотехнических блоков нейросинаптического ядра проводится с помощью САПР интегральных микросхем, в которых из-за сложной физики не учитывается в полной мере реальный характер переключения мемристорных элементов, разброс их характеристик от прибора к прибору и от цикла к циклу, наличие шумов различной природы и другие физические свойства.

Таким образом, наряду с необходимостью программного моделирования компонентов нейросинаптического ядра, возникает необходимость в создании прототипа реального устройства и проверке на его основе разработанных ранее подходов по реализации нейросетевых алгоритмов

Аналогичная ситуация складывается с архитектурой ядра нейросинаптического процессора: в то время как система межъядерной передачи данных в нем выполняет свою роль независимо от типа запущенного алгоритма (данные о спайках и

диагностическая информация может передаваться по одинаковым протоколам), внутреннее содержимое ядра имеет тесную связь с типом аппаратно ускоряемого алгоритма нейросети, что может быть отражено на примере того, как происходит процесс изменения синаптического веса:

- изменение проводимости мемристоров за счет взаимного перекрытия импульсов пре- и постсинаптических нейронов, т.е. использование локальных биоподобных правил типа STDP (подробнее данный подход описан в главе 4);
- изменение проводимости мемристоров за счет использования генератора импульсов различной полярности и амплитуды, логика работы управляющей системы которого основана на заранее заданных математических формулах, описывающих процесс работы нейросетевого алгоритма.

Первый подход ориентирован исключительно на импульсные нейросетевые алгоритмы и не способен работать с формальными сетями из-за ориентирования на локальные правилам изменения синаптического веса. Второй подход, в свою очередь, является более обобщенным, так как на его основе благодаря встроенным цифровым блокам обучения возможно реализовать произвольный нейросетевой алгоритм, для которого имеется математическое описание его работы. Предположительно, такая гибкость будет компенсироваться повышенной площадью, занимаемой ядром на кристалле, а также пониженной производительностью в сравнении с полностью ориентированной на импульсные нейросети архитектурой (т.к. в них нет блоков расчета ошибки и коррекции синаптических весов).

В силу того, что формальные нейросетевые алгоритмы на данный момент хорошо изучены, а также позволяют проводить сравнение мемристорных и полностью цифровых систем аппаратного ускорения, то первый этап исследования по созданию архитектуры макета нейросинаптического ядра был направлен именно на разработку компонентов аппаратного ускорителя формальных нейросетевых алгоритмов.

Согласно разработанной схеме, аппаратная часть комплекса состоит из четырех основных компонент (рисунок 1):

- ПЛК модуль;
- базовый модуль ядра;
- модуль усиления тока с биполярным ограничителем;
- модуль преобразователь ток-напряжение с интегратором и компаратором.

Основная идея системы заключается в том, чтобы расположить отдельные модули (мезонины) на общей плате макета – базовом модуле ядра, таким образом появляется возможность замены отдельных компонент без переработки всего устройства в целом. При этом управление макетом осуществляется с помощью пользовательской

программы на ЭВМ по специальному протоколу обмена данными (рисунок1). Базовый модуль ядра также отвечает за подготовку питания для всей схемы (преобразование входного напряжения из 12В в +/- 10В и +3.3В), располагает набором необходимых для связи с управляющей программой интерфейсов (USB, Ethernet, PCIe), обеспечивает возможность подключения мемристорных структур напрямую от зондовой станции в обход массива кроссбар-элементов (для тестирования единичных элементов) и другие вспомогательные функции.

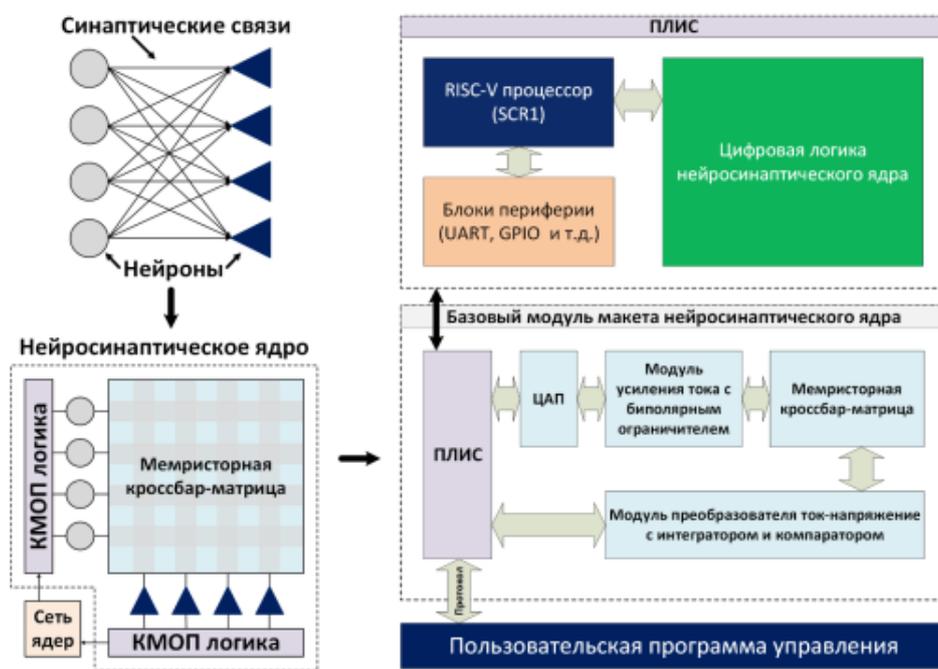


Рисунок 1 – Общая схема макета нейросинаптического ядра.

Последняя функция представляет собой достаточно большой интерес, так как устройство с такой функциональностью может рассматриваться не только как макет нейросинаптического ядра для отладки нейросетевых алгоритмов и отдельных электронных схем, но и как автоматизированный комплекс по тестированию характеристик отдельных мемристорных элементов кроссбар-матрицы. Это обусловлено тем, что с возрастанием размерности произведенных структур (числа строк и столбцов) также происходит значительное увеличение сложности работы с образцами по измерению их ВАХ, времен хранения различных резистивных состояний и устойчивости к переключениям, что обусловлено необходимостью «ручной коммутации» измерительного оборудования к отдельным мемристорам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gharbi, R.B.C., Mansoori, G.A., 2005. An introduction to artificial intelligence applications in petroleum exploration and production. *J. Petrol. Sci. Eng.* 49, 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2005.09.001>
2. Автоматизированная система предотвращения аварий при строительстве скважин / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Ерёмин, [и др.], 2021
3. Дмитриевский А. Н., Столяров В. Е., Еремин Н. А. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений // *Научный Журнал Российского Газового Общества.* №3 (26). 2020. С. 6–21.
4. Дмитриевский А.Н., Еремин Н. А., Ложников П. С., Клиновенко С. А, Столяров В. Е., Иниватов Д. П. Анализ рисков при использовании технологий искусственного интеллекта в нефтегазодобывающем комплексе // *Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности», №7(576).2021. – С.17–27., DOI: 10.33285/0132-2222-2021-7(576)-17–27.*