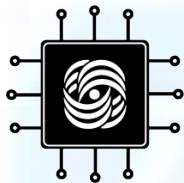


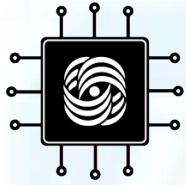
АРХИТЕКТУРА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Лекция 12: Нейрокомпьютеры



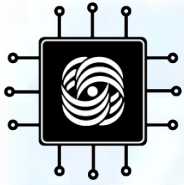
План лекции

- Биологический нейрон
- Модель нейровычислений
- Проблемы организации
- Примеры

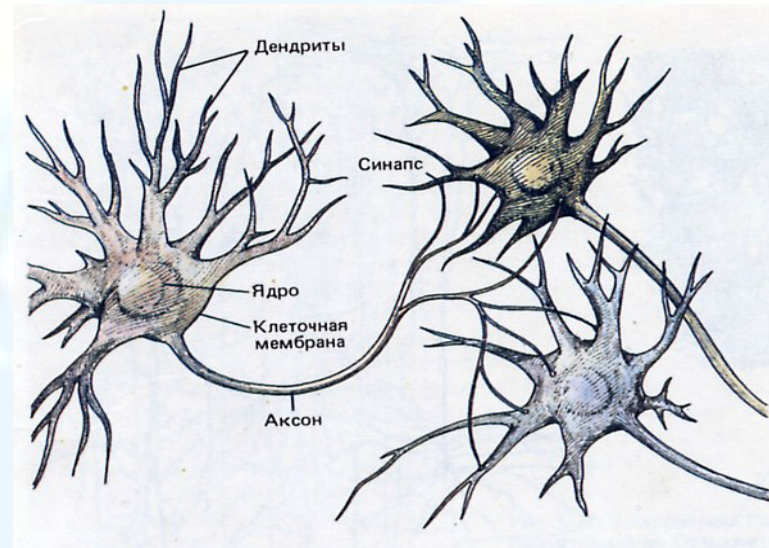


Что такое нейрокомпьютер?

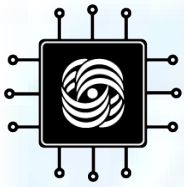
- Вычислительная система с MSIMD архитектурой
- Процессорный элемент упрощён до уровня нейрона
- Резко усложнены связи между элементами
- Программирование перенесено на изменение весовых коэффициентов связей между элементами



Биологический Нейрон



- Мозг содержит 10 миллиардов нейронов
- Тысячи типов нейронов соединены между собой
- 100 триллионов связей
- Нейрон может находиться, либо в спокойном, либо возбуждённом состоянии
- Порог перехода



Математическая модель нейрона

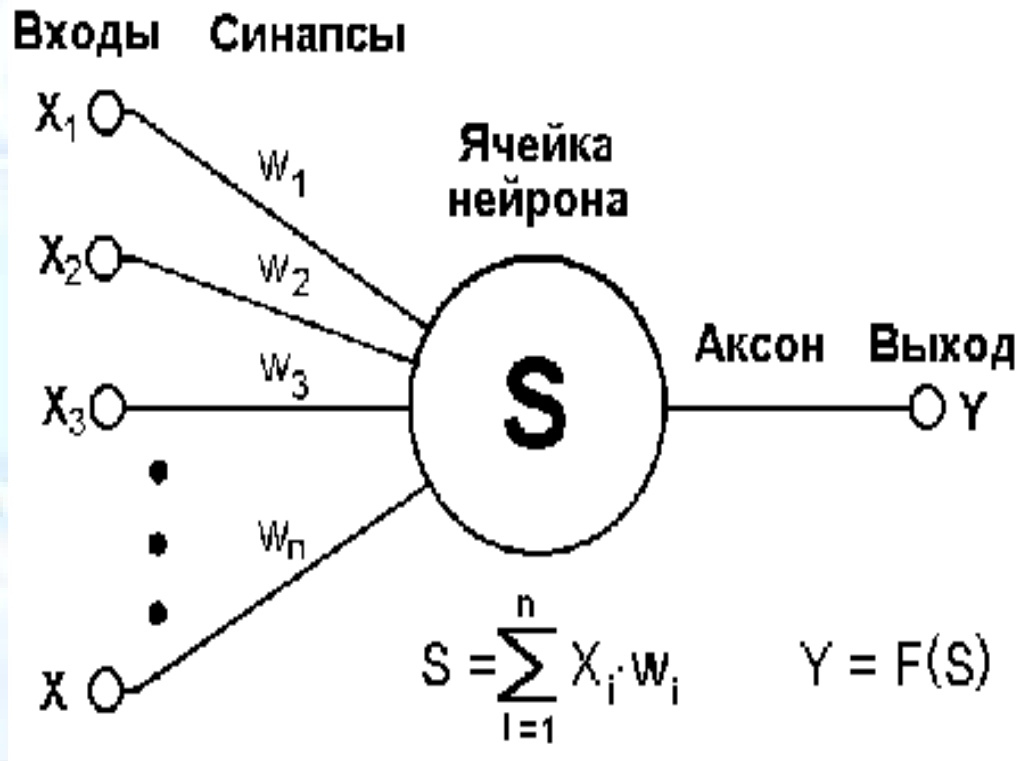
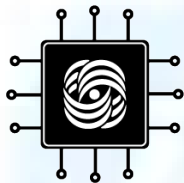
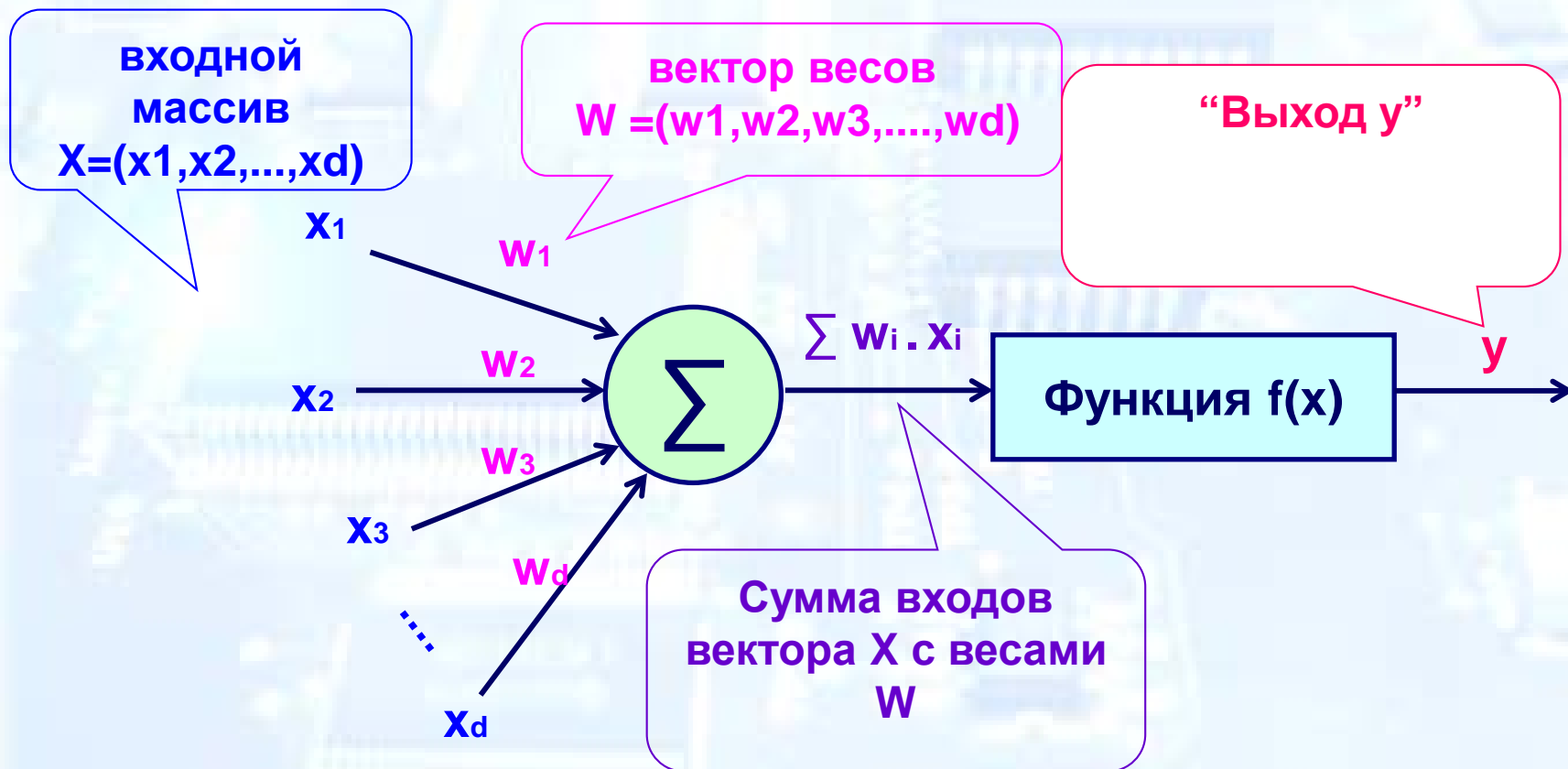
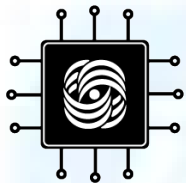


Рисунок 1. Математическая модель нейрона

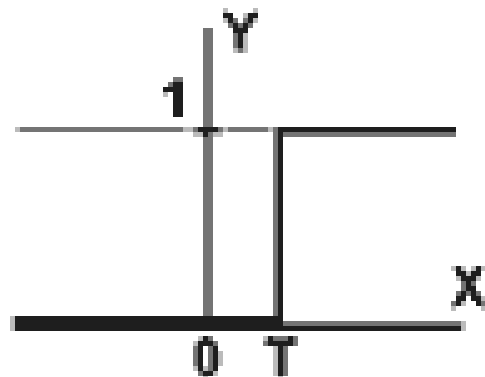


Имитатор Нейрона

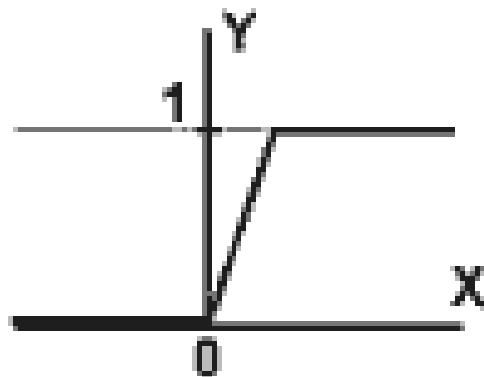




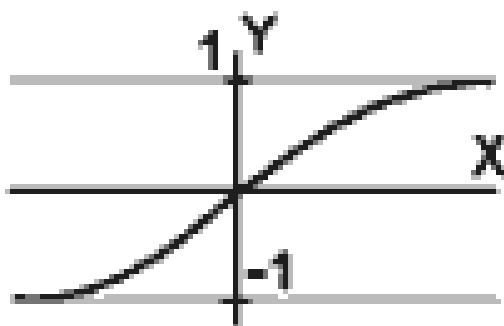
Примеры функций



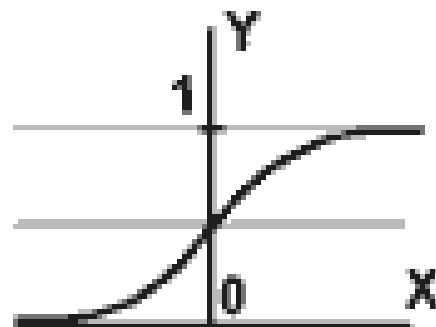
а)



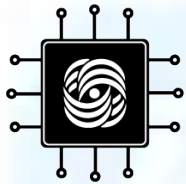
б)



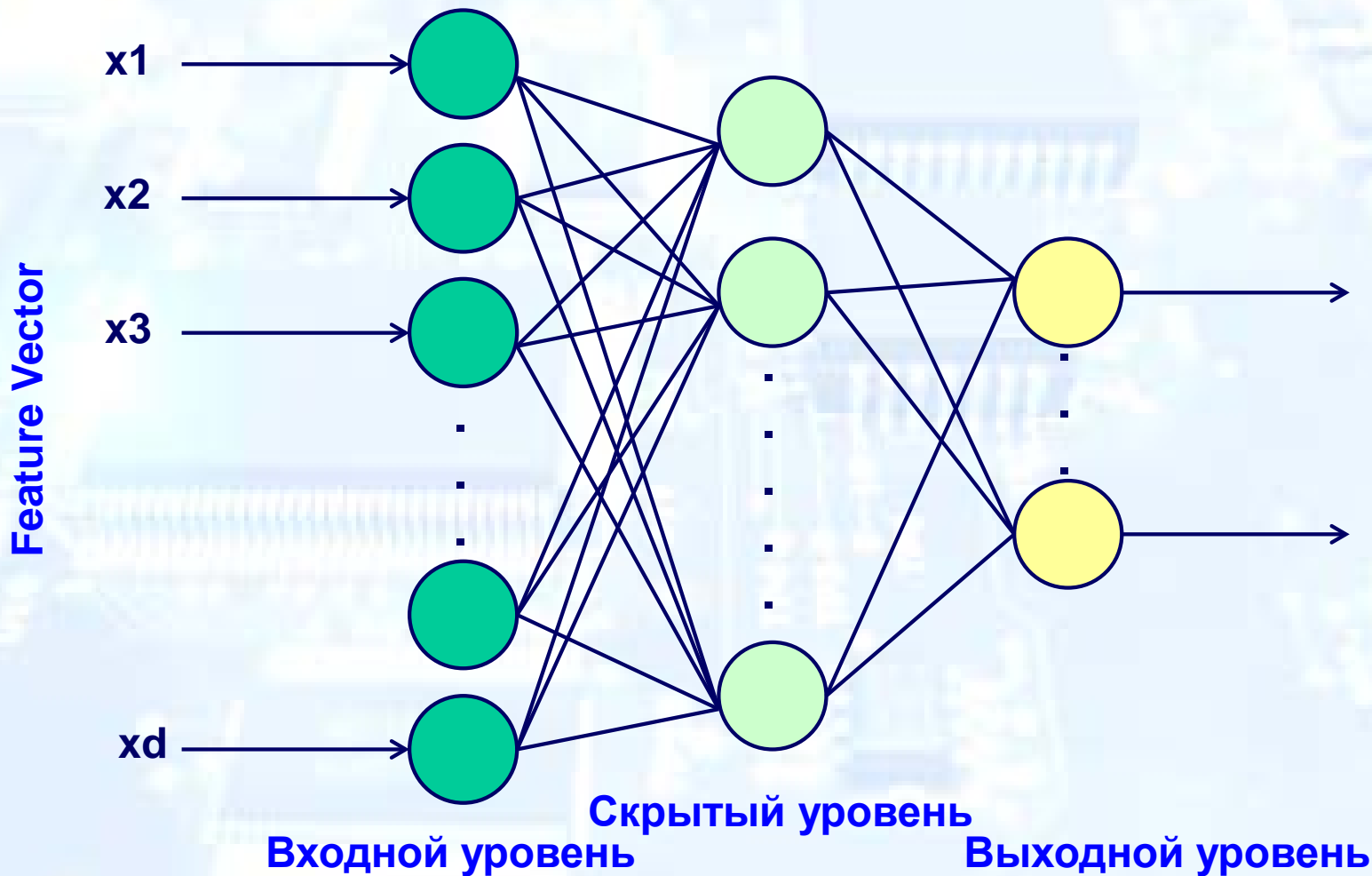
в)

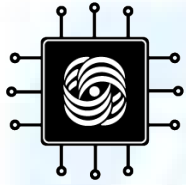


г)



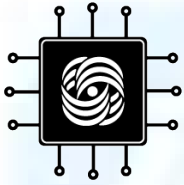
Многоуровневая нейронная сеть





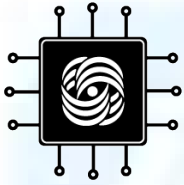
Проблема обучения

- Обучение с готовыми ответами
- Обучение без ответов



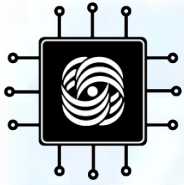
Применение нейронных сетей

- Управление в реальном времени
- Распознавание образов
- Прогнозирование в реальном времени
- Оптимизация
- Обработка сигналов при наличии больших шумов
- Протезирование
- Психодиагностика



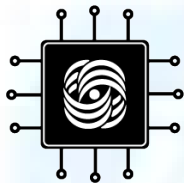
Варианты построения нейрокомпьютеров

- На основе обычных процессоров
- На основе DSP процессоров
- На специализированной аппаратной базе



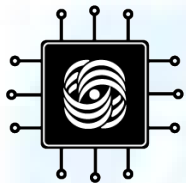
Характеристики

- CUPS (connections update per second) - число измененных значений весов в секунду (оценивает скорость обучения).
- CPS (connections per second) - число соединений (умножений с накоплением) в секунду (оценивает производительность).
- $CPSPW = CPS/Nw$, где Nw - число синапсов в нейроне.
- CPPS - число соединений примитивов в секунду, $CPPS = CPS * Bw * Bs$, где Bw , Bs - разрядность весов и синапсов.
- ММАС - миллионов умножений с накоплением в секунду.



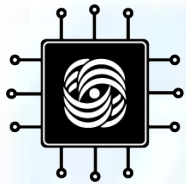
Особенности DSP процессоров

- Аппаратная поддержка программных циклов, кольцевых буферов
- Один или несколько операндов извлекаются из памяти в цикле исполнения команды
- Нет команд $R, R \rightarrow R$
- Реализация однотактного умножения и команд, использующих в качестве операндов содержимое ячеек памяти



Особенности DSP процессоров (2)

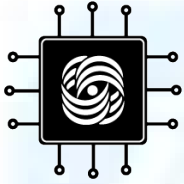
- Сложение и умножение требуют:
 - произвести выборку двух операндов
 - выполнить сложение или умножение (обычно и то и другое)
 - сохранить результат или удерживать его до повторения
- Множественный доступ к памяти за один и тот же командный цикл.



Процессор NM6403

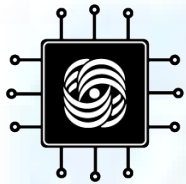


- 50 Mhz
- RISC ядро
 - 32-битные данные
 - 32-битные операции
 - 8 + 8 регистров
- Векторное устройство
 - Переменная разрядность
 - До 2048 параллельных умножений



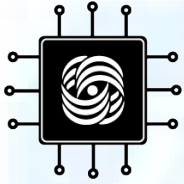
RISC-ядро

- 5-ти ступенчатый 32-разрядный конвейер;
- 32- и 64-разрядные команды (обычно выполняется две операции в одной команде);
- Два адресных генератора, адресное пространство - 16 GB;
- Два 64-разрядных программируемых интерфейса с SRAM/DRAM-разделяемой памятью;
- Формат данных - 32-разрядные целые;
- Регистры:
 - 8 32-разрядных регистров общего назначения;
 - 8 32-разрядных адресных регистров;
 - Специальные регистры управления и состояния;
- Два высокоскоростных коммуникационных порта ввода/вывода,
- Аппаратно совместимых с портами TMS320C4х.



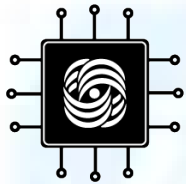
VECTOR-сопроцессор

- Переменная 1-64-разрядная длина векторных операндов и результатов;
- Формат данных - целые числа, упакованные в 64-разрядные блоки, в форме слов переменной длины от 1 до 64 разрядов каждое;
- Поддержка векторно-матричных и матрично-матричных операций;
- Два типа функций насыщения на кристалле;
- Три внутренних 32x64-разрядных RAM-блока



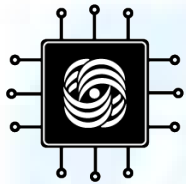
Производительность

- Скалярные операции:
 - 50 MIPS;
 - 200 MOPS для 32-разрядных данных;
- Векторные операции:
 - от 50 до 50.000+ ММАС (миллионов умножений с накоплением в секунду);
- I/O и интерфейсы с памятью:
 - пропускная способность двух 64-разрядных интерфейсов с памятью - до 800 Мбайт/сек;
- I/O коммуникационные порты - до 20 Мбайт/сек кажд



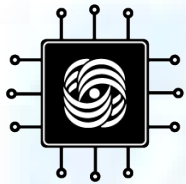
Особенности NM64003 (1)

- Возможность работы с входными сигналами (синапсами) и весами переменной разрядности (от 1 до 64 бит), задаваемой программно, что обеспечивает уникальную способность нейропроцессора увеличивать производительность с уменьшением разрядности операндов;
- Быстрая подкачка новых весов на фоне вычислений;
- (24 операции умножения с накоплением за один такт при длине операндов 8 бит);
- V аппаратная поддержка эмуляции нейросетей большой размерности;
- Реализация функции активации в виде пороговой функции или функции ограничения;



Особенности NM64003 (2)

- Наличие двух широких шин (по 64 разряда) для работы с внешней памятью любого типа: до 4Мб SRAM и до 16 Гб DRAM;
- Наличие двух байтовых коммуникационных портов ввода/вывода, аппаратно совместимых с коммуникационными портами TMS320C4x для реализации параллельных распределенных вычислительных систем большой производительности.
- Возможность работать с данными переменной разрядности по различным алгоритмам, реализуемым с помощью хранящихся во внешнем ОЗУ программ



Системы на NM 6403

- MC431 – однопроцессорная плата
- NM4 – четырехпроцессорная плата
- 6МСВО – 4 платы по 6 процессоров и платы для обработки входных сигналов



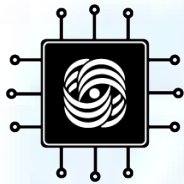
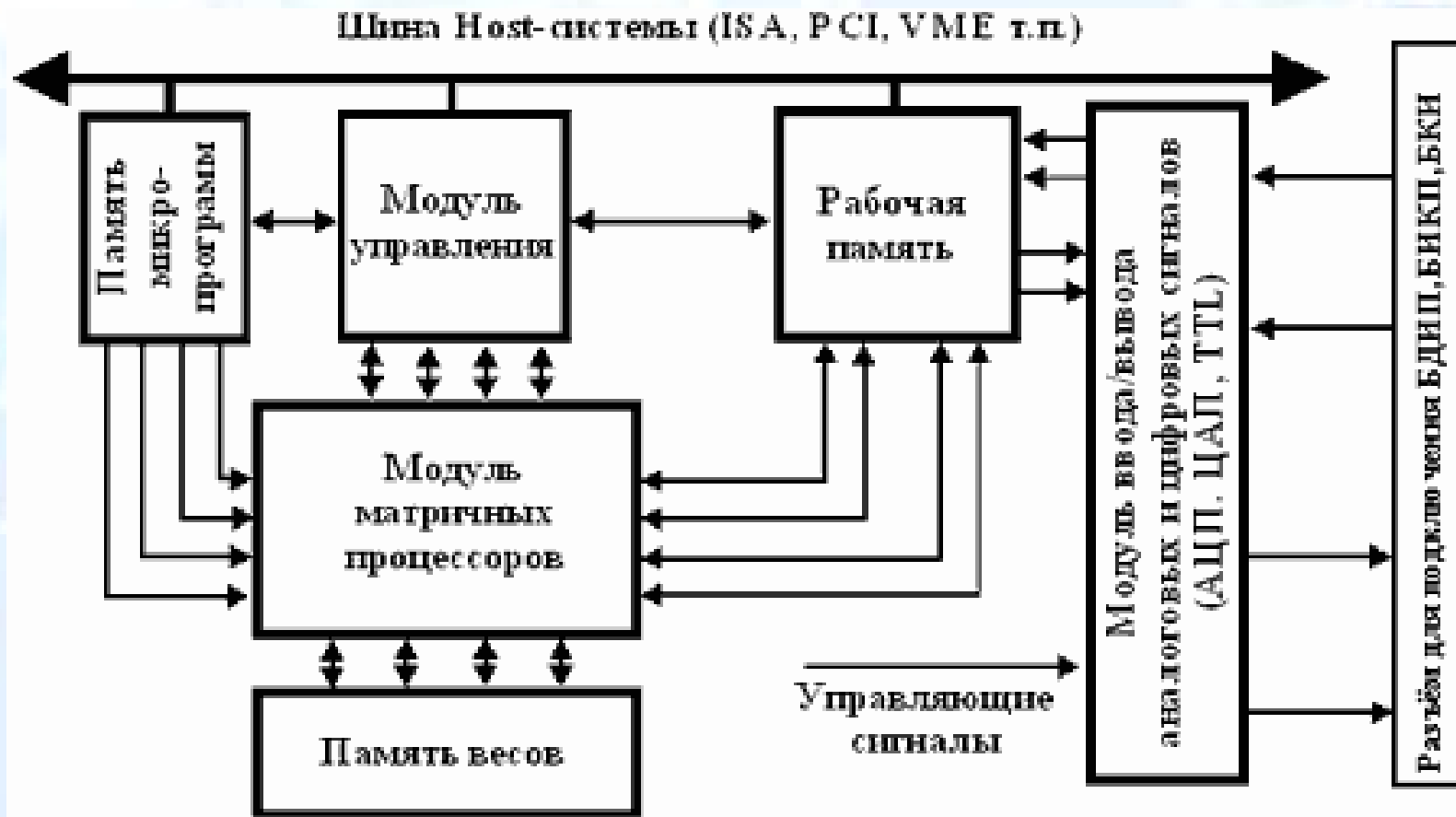
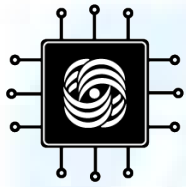
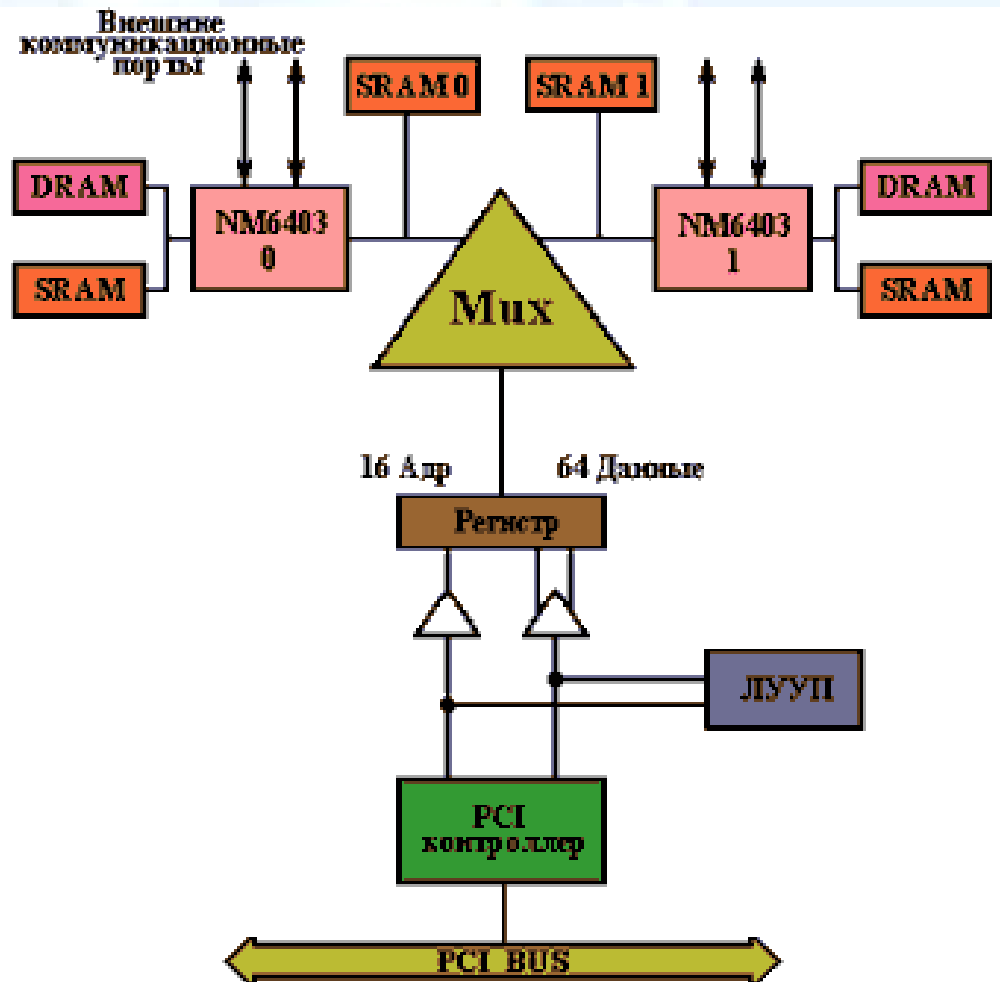


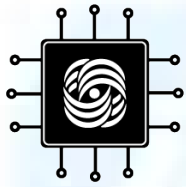
Схема нейровычислителя





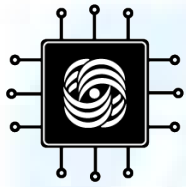
Нейроускоритель МЦ 4.01





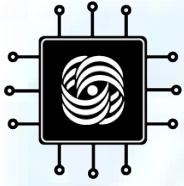
Преимущества нейрокомпьютеров

- Все алгоритмы нейроинформатики высокопараллельны
- Устойчивость нейросистем к помехам и разрушениям
- Устойчивые и надежные нейросистемы могут создаваться и из ненадежных элементов, имеющих значительный разброс параметров



Особенности нейрокомпьютеров

- Массовый параллелизм
- Распределённое представление информации и вычисления
- Способность к обучению и обобщению
- Адаптивность
- Свойство контекстуальной обработки информации
- Толерантность к ошибкам
- Низкое энергопотребление



Спасибо за внимание!