

Kaspersky Neuromorphic AI Conference 2025

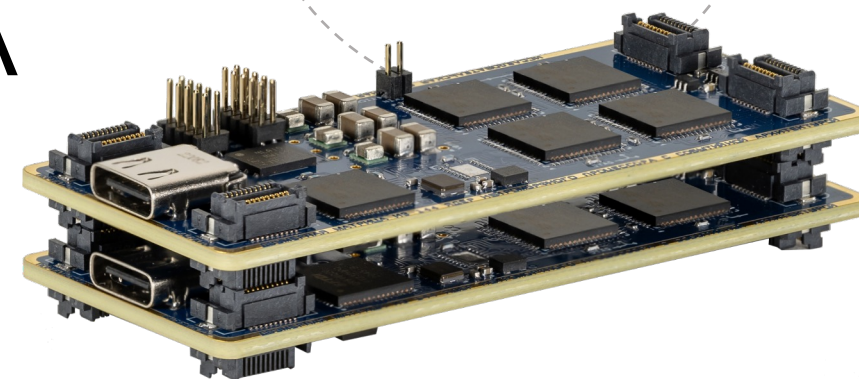


Kaspersky
Neuromorphic AI

АРХИТЕКТУРА
НЕЙРОМОРФНОГО ПРОЦЕССОРА
«АЛТАЙ-3»



МОТИВ НТ



О КОМПАНИИ



МОТИВ НТ

Стартап (30+ человек)

Специализация: R&D проекты, связанные с применением нейроморфных вычислений.

Совместно с АО «Лаборатория Касперского» и при поддержке НИЦ «Курчатовский институт» реализуем проект по созданию цифрового нейроморфного процессора «Алтай».



Kaspersky
Neuromorphic AI



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

kaspersky

Kaspersky
Neuromorphic AI



Kaspersky
Neuromorphic Platform

Sk

Участник



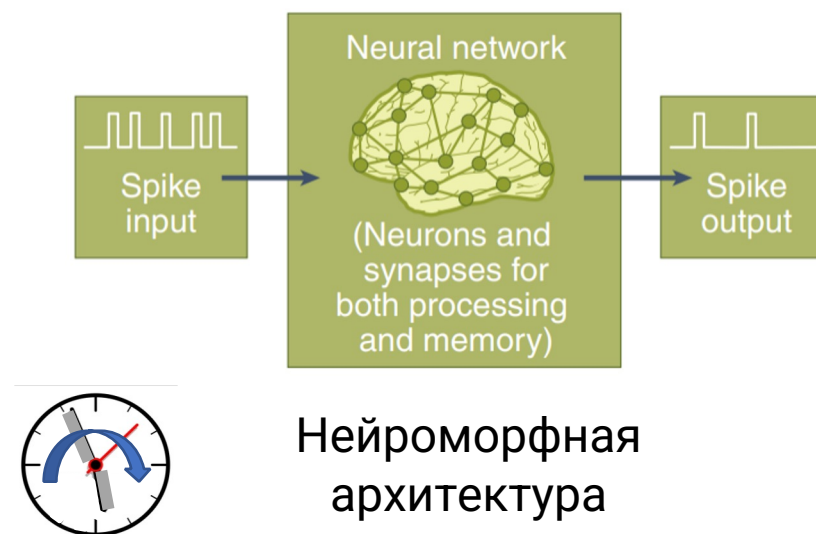
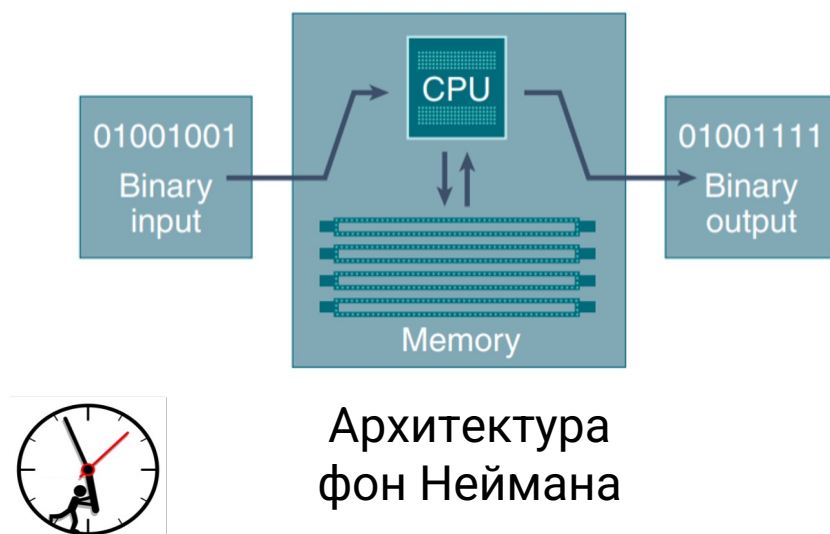
АКСЕЛЕРАТОР
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

НЕЙРОМОРФНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ



Kaspersky
Neuromorphic AI

- Вычисления рядом с памятью
- **Высокая энергоэффективность**
- Компактность
- Отказоустойчивость
- **Параллельные вычисления**
- Событийные вычисления
- **Неограниченная масштабируемость**
- Аппаратная поддержка SNN



ЦЕЛЬ ПРОЕКТА



Kaspersky
Neuromorphic AI

Преодоление особенностей аппаратной реализации нейронных сетей на CPU, GPU, FPGA

Обеспечить **энергоэффективное** исполнение **AI алгоритмов** и **алгоритмов оптимизации** на **серверах** и **EDGE-устройствах** для решения задач обработки информации и управления в реальном времени



Высокое энергопотребление



Большой размер и вес



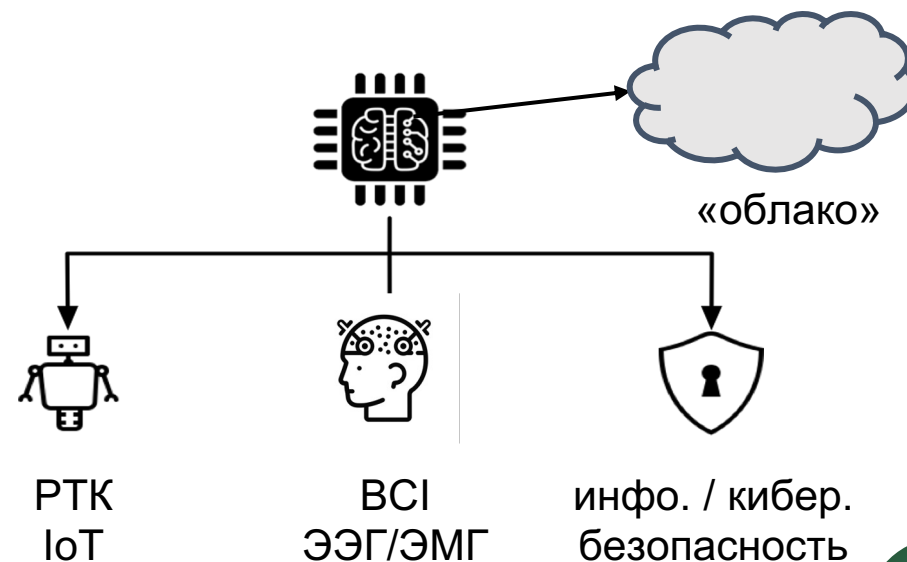
Ограниченная масштабируемость



Высокая стоимость решений



Высокая задержка



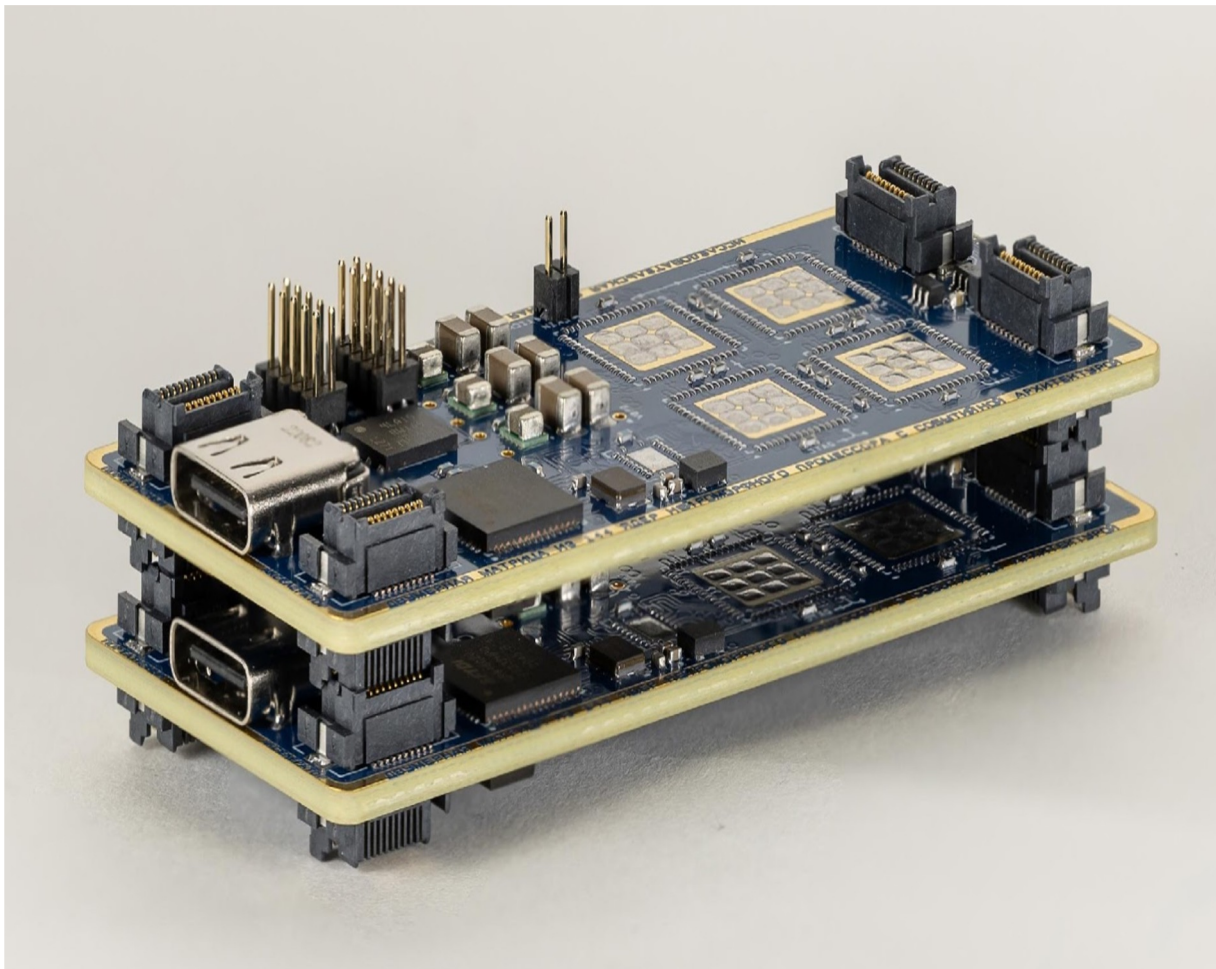
«АЛТАЙ-3»



Kaspersky
Neuromorphic AI

СБИС «Алтай-3» разработана с опорой на следующие основные принципы:

- полностью цифровая реализация;
- многоядерность;
- память и обработка интегрированы;
- сравнительно простая реализация ядра;
- неограниченная масштабируемость.



ПРОЦЕДУРЫ ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Kaspersky
Neuromorphic AI

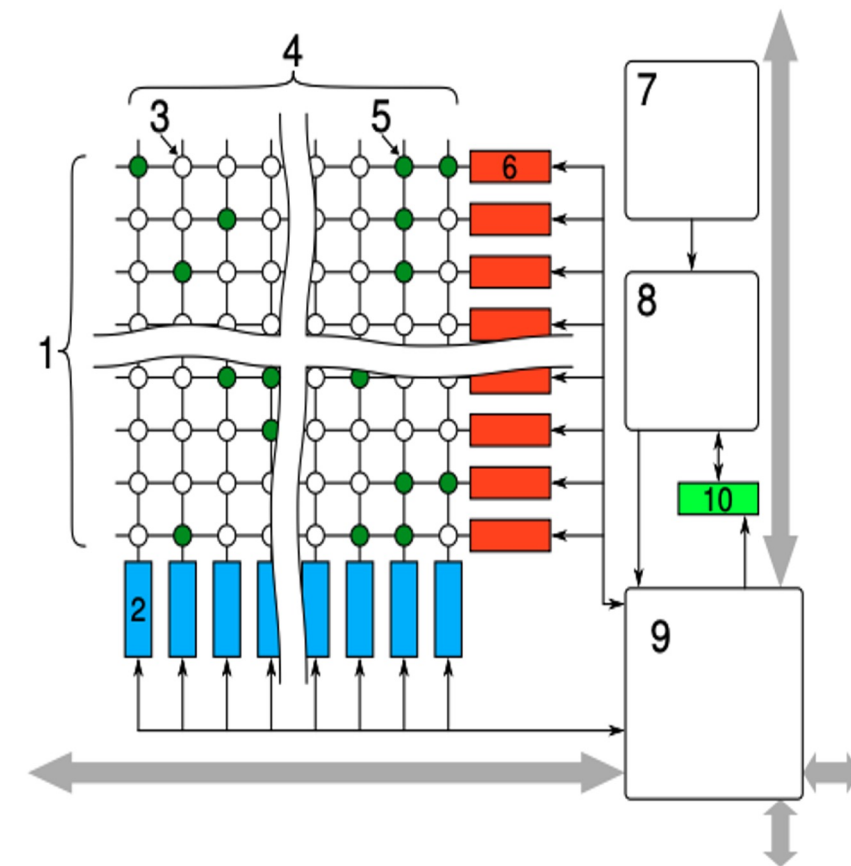
Обучение на кристалле требует выполнение некоторых действий при выполнении синаптической операции

В «Алтай-3»

- реализуется возможность программировать отдельную синаптическую операцию
- реализуется возможность выполнять в ядре алгоритмы общего назначения

Часть сети ядер «Алтай-3» может выполнять операционные задачи необходимые для нейронной сети

Как следствие, в ряде решений, можно отказаться от внешнего вычислительного оборудования



ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ



Kaspersky
Neuromorphic AI

В «Алтай-1»

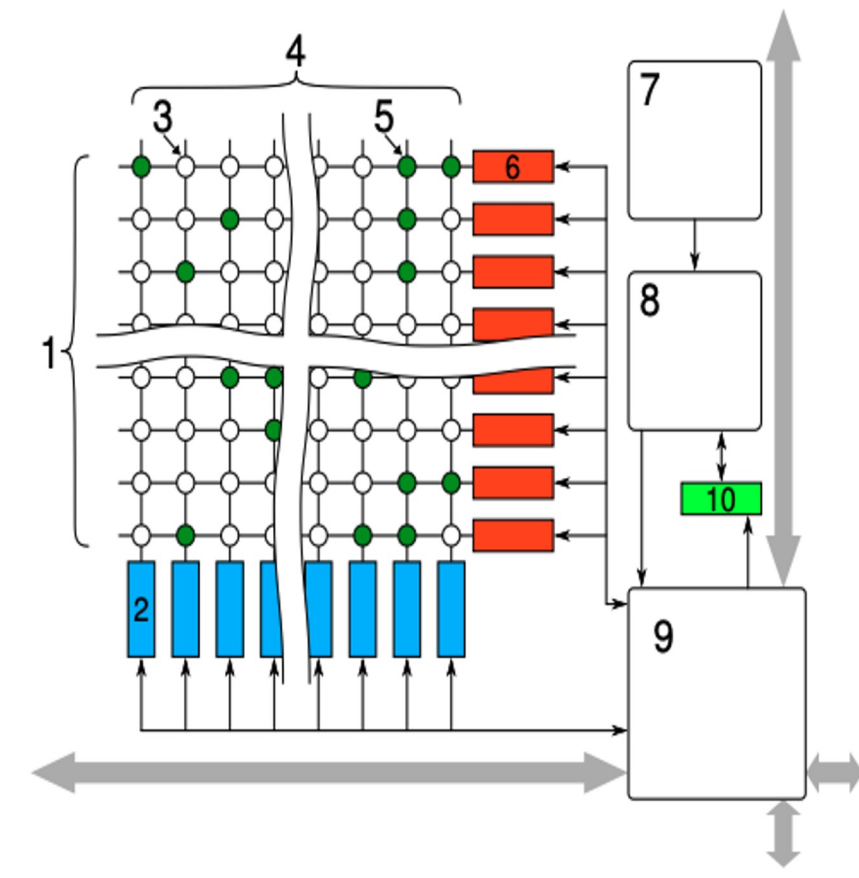
«жесткий» конечный автомат делает время исполнения алгоритма ядра постоянным и не зависит от количества нейронов и их связанности

В «Алтай-3»

ядро не тратит время на «пустые» операции и может завершить свою работу и «уснуть» до следующего события которое его «разбудит» во время «сна» ядро тратит в разы меньше энергии

На ряде задач «Алтай-1» показывает энергозатраты на 2-3 порядка ниже чем решение на GPU

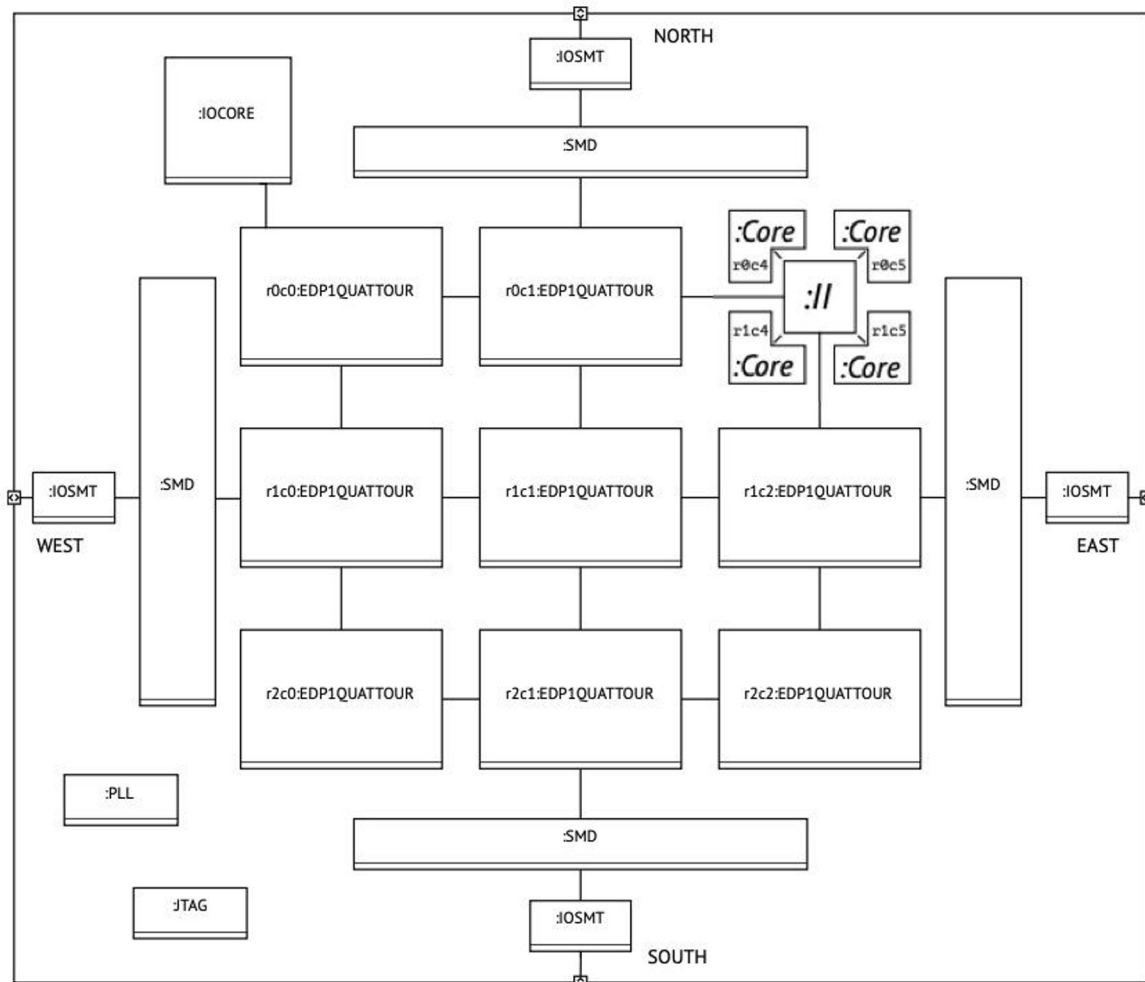
«Алтай-3» еще более энергоэффективен чем «Алтай-1»



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СБИС «АЛТАЙ-3»



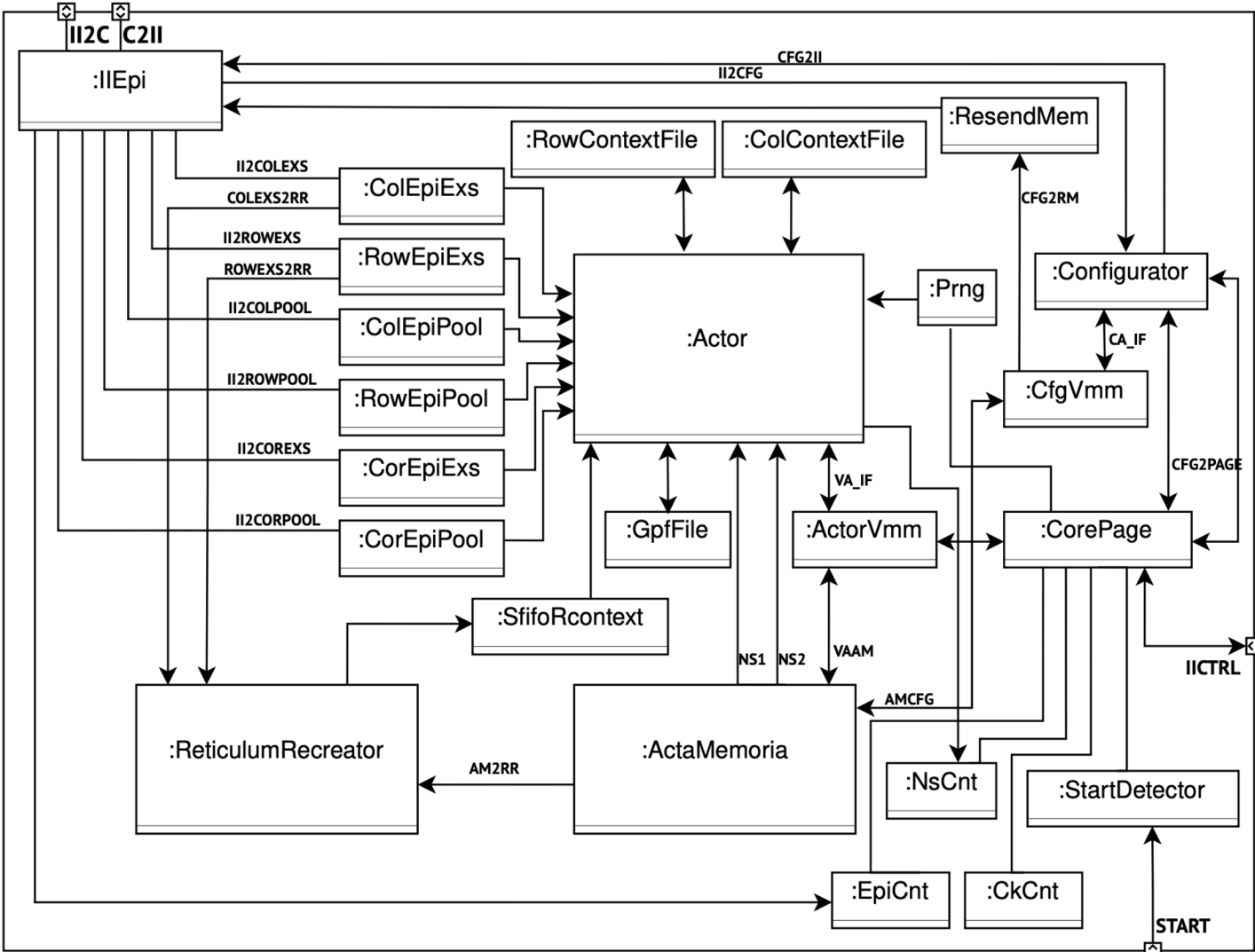
Kaspersky
Neuromorphic AI



В основе СБИС лежит квадратная матрица «четвёрок» ядер «Алтай-3» размером 3×3

- *EDP1QUATTOR* - «четвёрка» нейроморфных ядер «Алтай-3»;
- *SMD* - блок для передачи сообщений между СБИС «Алтай-3»;
- *PLL* - блок ФАПЧ;
- *jTAG* - блок JTAG;
- *IOSMT* - блок ввода-вывода данных для высокоскоростной передачи последовательных данных между соседними СБИС;
- *IOCORE* - периферийное ядро.

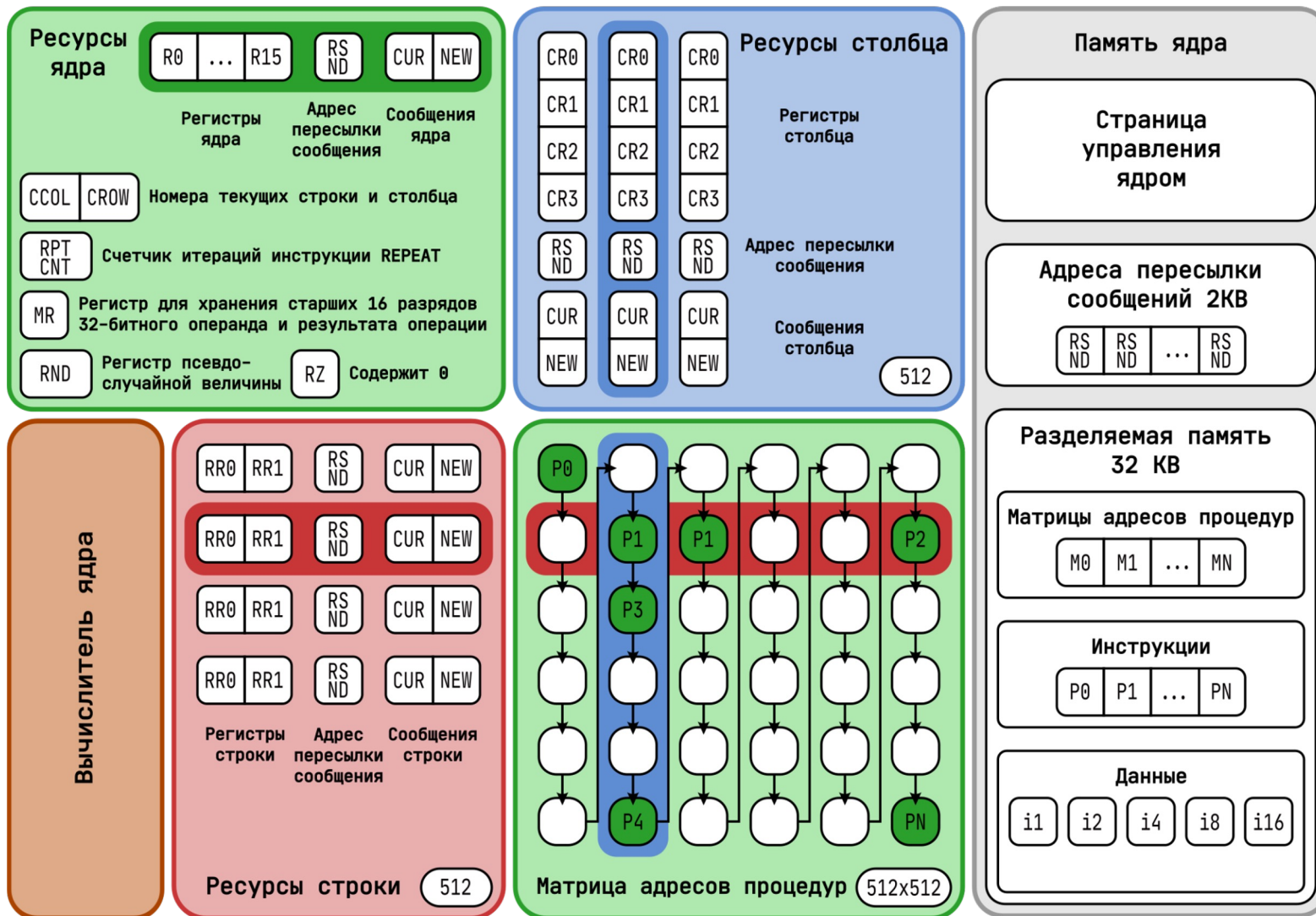
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЯДРА «АЛТАЙ-3»



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Kaspersky
Neuromorphic AI



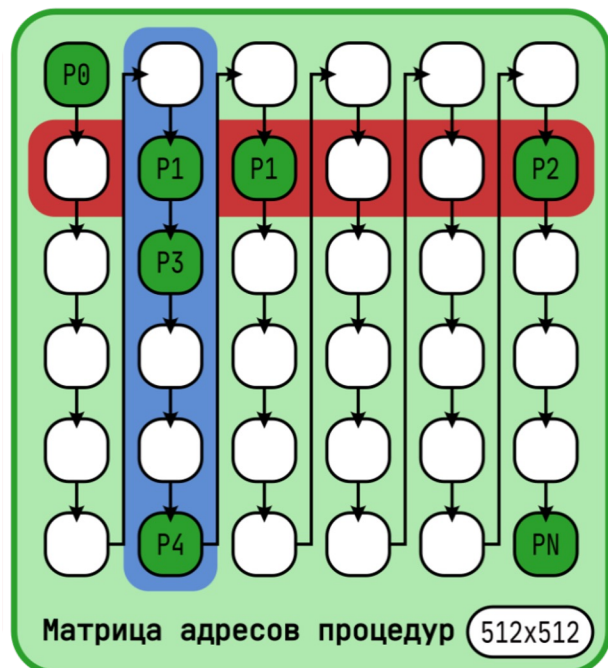
1. Матрица процедур (логический кроссбар).
2. Вычислитель ядра.
3. Ресурсы ядра.
4. Память ядра.
5. Ресурсы столбца - контекст столбца.
6. Ресурсы строки - контекст строки.

МАТРИЦА ПРОЦЕДУР ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Kaspersky
Neuromorphic AI

Процедура - последовательность инструкций, исполняемых вычислителем ядра, размещена в разделяемой памяти ядра



Матрица процедур: хранится в общей памяти ядра в сжатом виде и аппаратно декомпрессируется при исполнении

Матрица процедур: матрица ссылок на процедуры 512 строк x 512 столбцов

Ссылка на процедуру

В ссылке храниться адрес первой инструкции процедуры в памяти и одно из следующих условий исполнения процедуры:

1. процедура выполняется безусловно
2. процедура выполняется, если для нее есть сообщение в пуле данных строк для соответствующей строки
3. процедура выполняется, если для нее есть сообщение в пуле данных столбцов для соответствующего столбца
4. условия 3 и 4 могут применяться одновременно

ИНСТРУКЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ ЯДРА



Kaspersky
Neuromorphic AI

P1: add 0, RZ, CR0

macb (CROW, CCOL) ROWEPI, CR0

P2: macb (CROW, CCOL) ROWEPI, CR0

P3: macb (CROW, CCOL) ROWEPI, CR0

post NEW, TGT_ROW, TGT_DXDY, CR0

Инструкции имеют одинаковую длину 32 бита, разрядность операндов поступающих в блок АЛУ 16 бит, величины в дополнительном коде

Инструкции преобразования данных: add, sub, or, and, xor, shl, sha, *mul*, *mac*, div

Инструкции ветвления: beq, bne, bge, bgt, ble, blt, bz, bnz, rpteq, rptne, rptge, rptgt, rptle, rptlt, rptz, rptnz, jmp

Быстродействие вычислителя: практически все инструкции (в т.ч. *mul*, *mac*) исполняются в течение одного такта синхронизации ядра (2.5 нс)

При использовании повторений rpt(C) зацикливание исключается (не превышает предельного значения (RPTCNT))

Специальные инструкции: stm, post

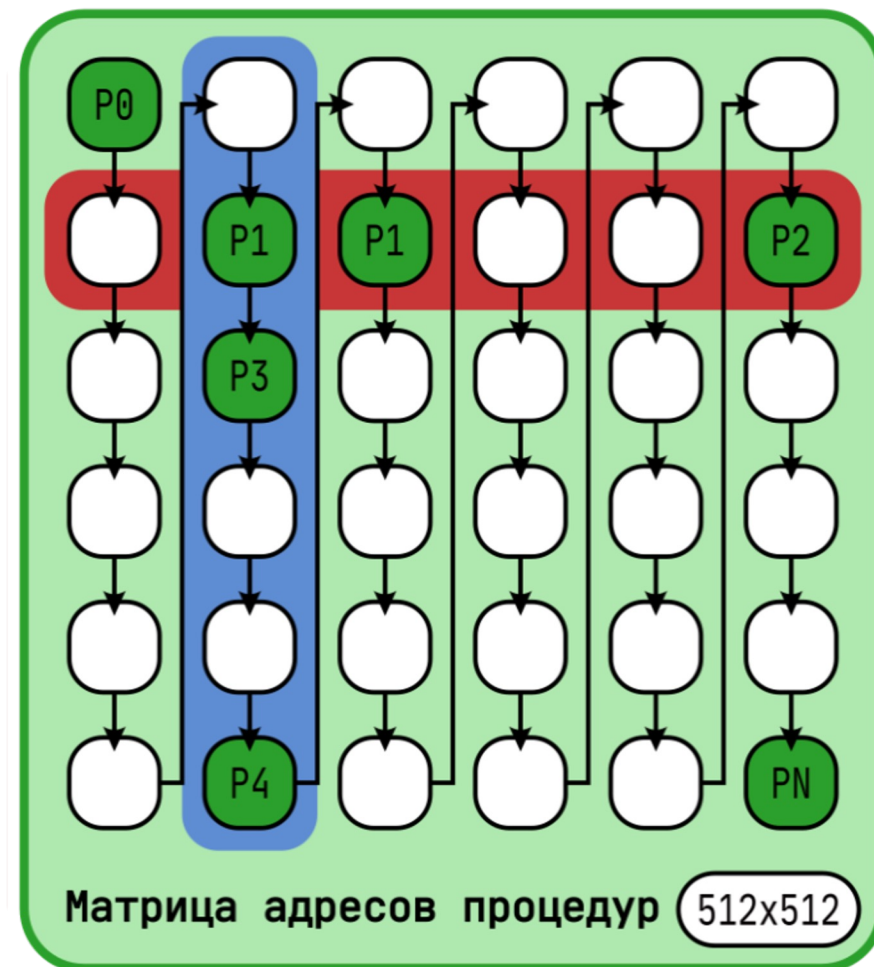
ИТЕРАЦИИ ЯДРА



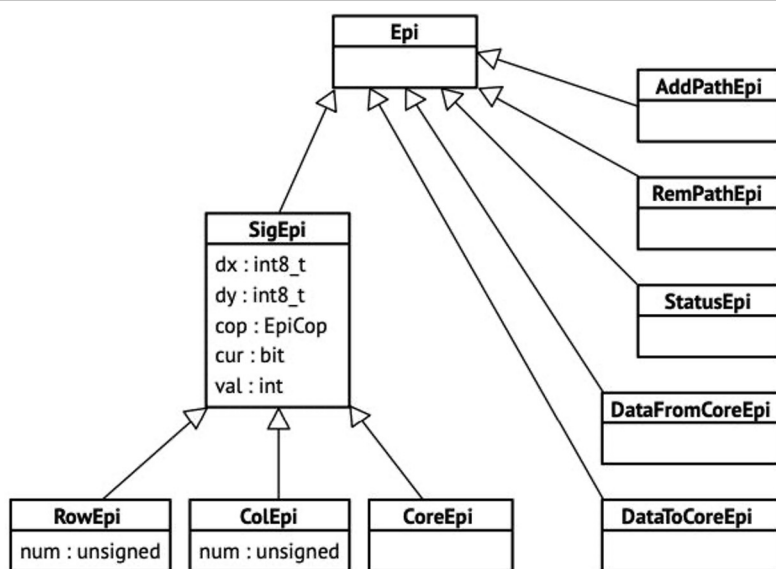
Условия для запуска итерации ядра

Для запуска ядра может быть задана на странице управления ядром любая комбинация из следующих условий

- после окончания текущей итерации автоматически запускается следующая;
- подан внешний сигнал **START**;
- получено сообщение на строку с номером, заданным в регистре **row_epi_start_num** страницы управления ядром;
- получено сообщение на столбец с номером, заданным в регистре **col_epi_start_num** страницы управления ядром.



СООБЩЕНИЯ ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Операции с сообщениями (cop):

max, min, add, and, or, xor,
shlor, shror

Сообщения с адресной информацией:

AddPathEpi — прокладка пути;

CoreEpi — сообщение для ядра;

RowEpi — сообщение для строки ядра;

ColEpi — сообщение для столбца ядра.

Сообщения,двигающиеся по проложенному пути:

RemPathEpi — удалить путь;

StatusEpi — ответ ядра о выполнении операции;

DataToCoreEpi — данные для загрузки в память ядра;

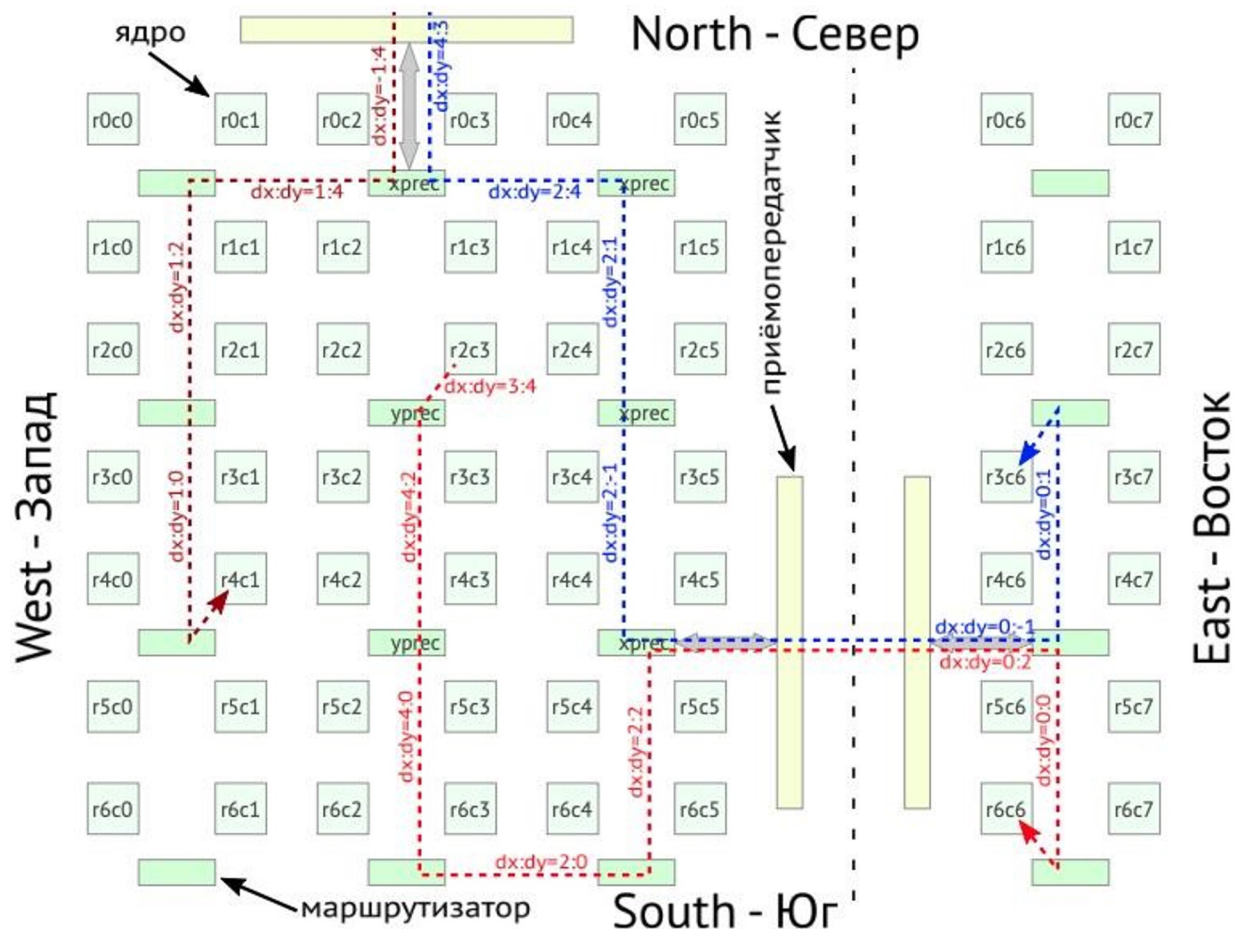
DataFromEpi — данные из памяти ядра.

Сообщения с адресной информацией и сообщения, перемещающиеся по проложенному пути, могут передаваться "одновременно" по одним и тем же путям.

МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Kaspersky
Neuromorphic AI



Маршрутизация сообщений с адресной информацией

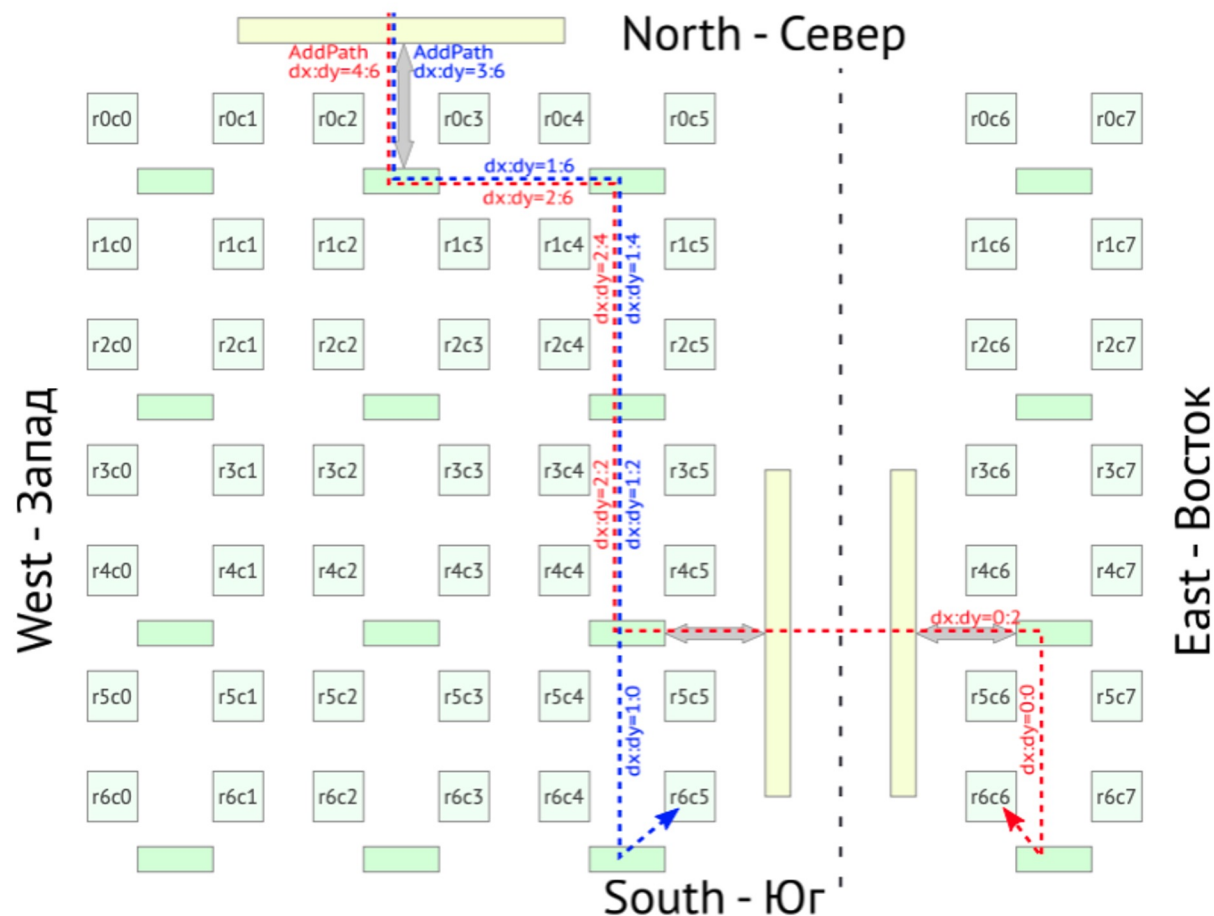
Преимущественным направлением движения называется направление в сторону уменьшения по модулю индексов ***dx*** и ***dy***.

Приоритетное направление движения может быть изменено через регистр флагов страницы управления ядро

xprec — приоритетное направление движения вдоль строки

yprec — приоритетное направление движения вдоль столбца

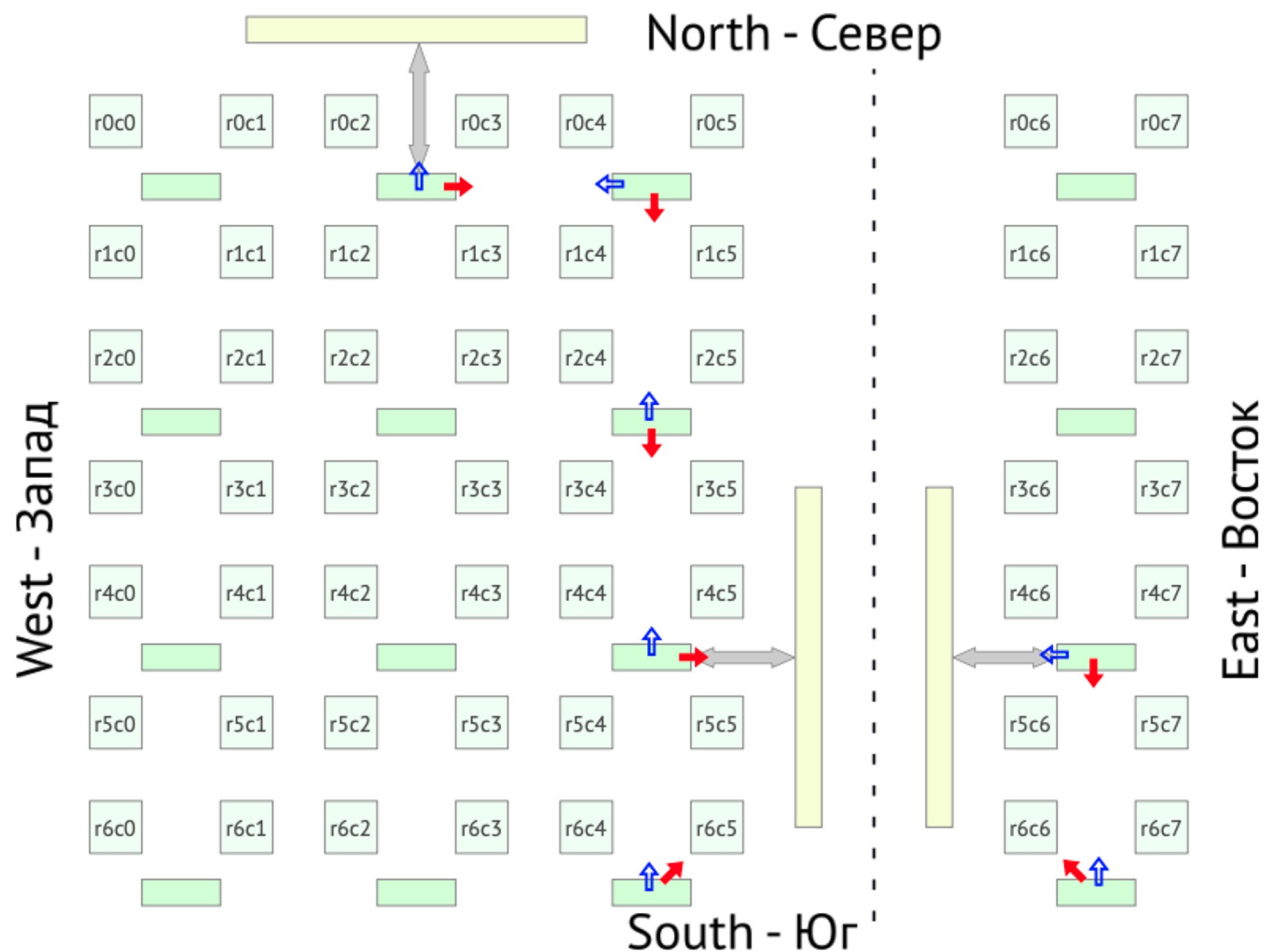
МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Маршрутизация сообщений вдоль проложенного пути

Прокладываем два пути с помощью сообщений **AddPathEpi**

МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ

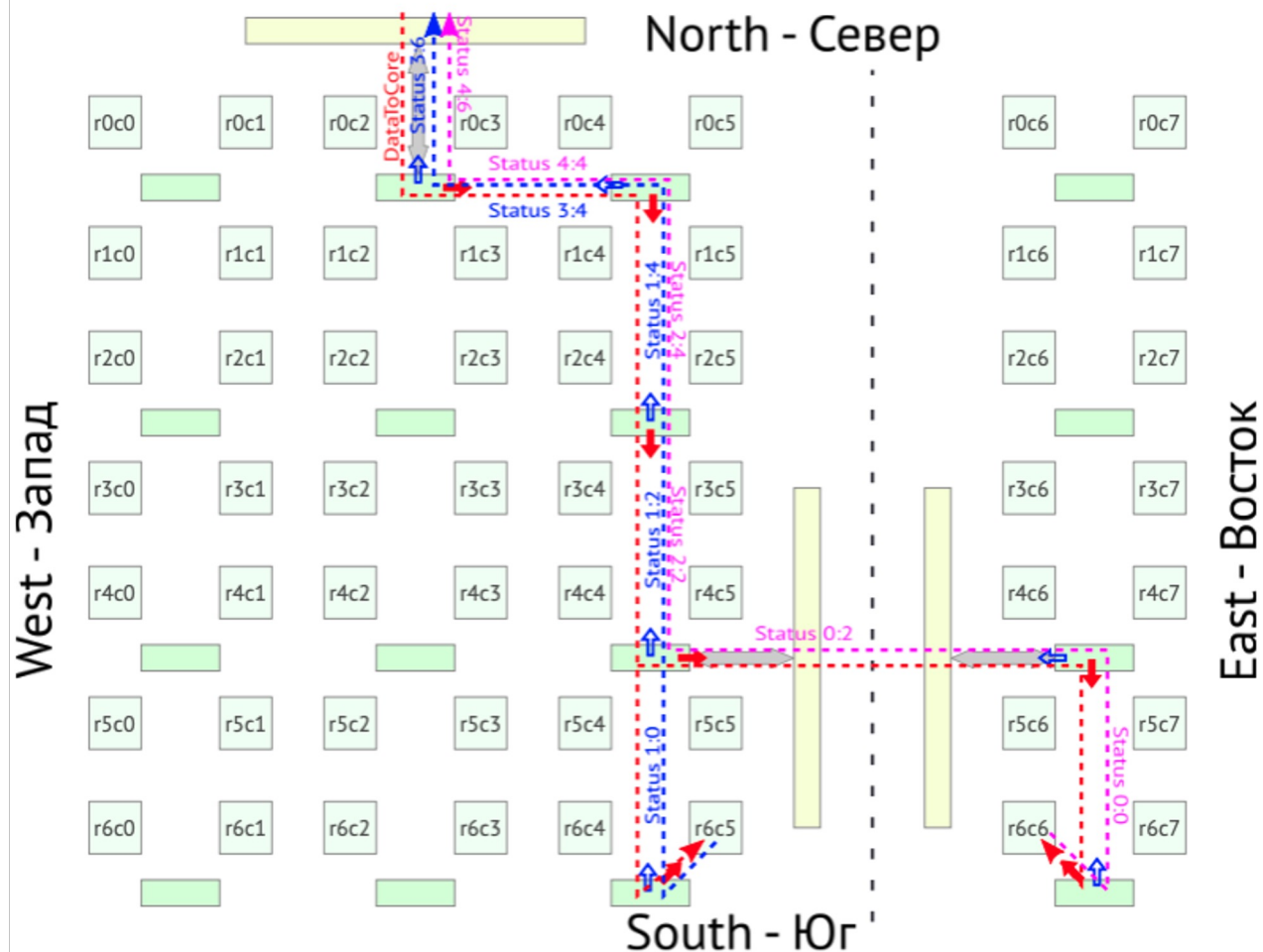


Маршрутизация сообщений вдоль
проложенного пути

↑ направление для сообщений
DataToCoreEpi и *RemPathEpi*

↑ направление для сообщений
DataFromCoreEpi и *StatusEpi*

МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Маршрутизация сообщений вдоль проложенного пути

Передаем сообщения ***DataToCoreEpi*** и получаем ответы от результате выполнения команды ядрами, переданной в сообщении ***AddPathEpi***

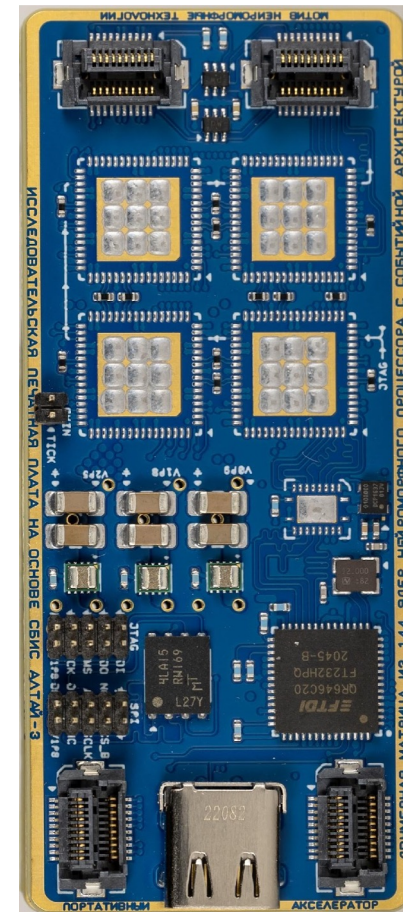
МОДУЛЬ НЕЙРОМОРФНОГО АКСЕЛЕРАТОРА



Kaspersky
Neuromorphic AI

Модуль представляет собой двустороннюю многослойную печатную плату, на которой размещены электронные компоненты, двумерная матрица СБИС «Алтай-3»

- Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм: **70x30x8,55**
- Число установленных СБИС «Алтай-3»: **4**
- Топология Матрицы на Модуле: **2 x 2**
- Направление взаимодействия Матрицы с ПК: **Север**
- Потребляемая мощность, Вт: **до 1.5**
- Есть возможность стыковки нескольких Модулей в стек (до 10)
- Максимальная потребляемая мощность (с учётом стека), Вт: **15**
- Интерфейс взаимодействия Модуля с ПК: **USB 2.0**
- Скорость передачи данных через USB, Мбит/с: до **480**
- Разъём для подключения Модуля к ПК: **USB Type C**
- Поддерживаемые профили PowerDelivery : **0,5A@5B; 1,5 A@5B; 3,0A@5B**
- Интерфейс взаимодействия с Матрицей: **FT1248**
- Объем FLASH памяти для хранения конфигурации: **256 Мбит**



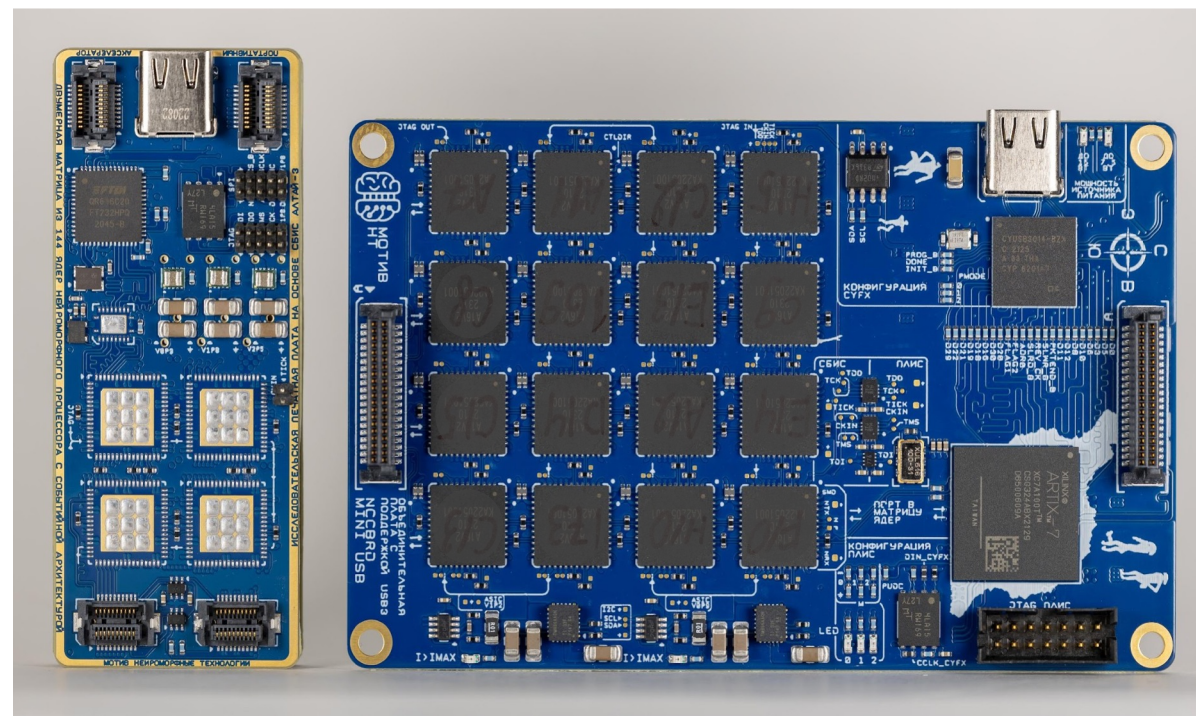
НАПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА



Kaspersky
Neuromorphic AI

Компания ООО «Мотив НТ» заинтересована в поиске **индустриальных** и **технологических партнеров** для отработки **практических задач** применения НП «АЛТАЙ» в составе различных устройств

В наличии имеются прототипы НП «АЛТАЙ» с применением которых могут быть изготовлены **демонстрационные стенды** и **прототипы устройств** для решения задач различного назначения



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Kaspersky
Neuromorphic AI

Канглер Валерий Михайлович

Технический директор

ООО «Мотив Нейроморфные Технологии»



+7 (913) 916-18-34



vkangler@motivnt.ru



Сайт



Telegram



Дзен



KNP