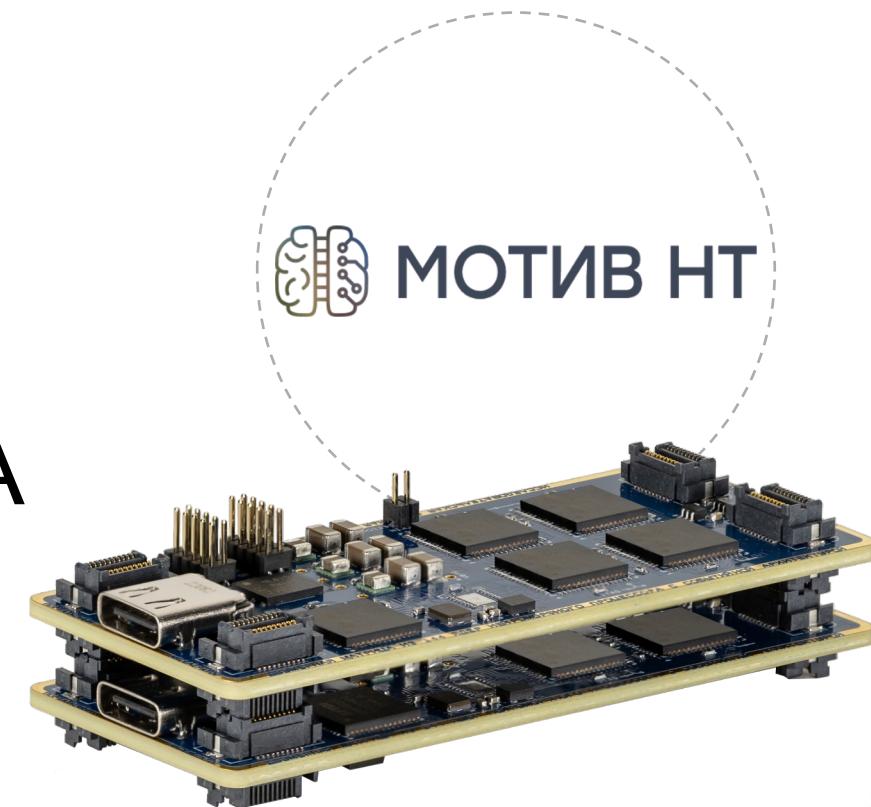


# Kaspersky Neuromorphic AI Conference 2025



Kaspersky  
Neuromorphic AI

АРХИТЕКТУРА  
НЕЙРОМОРФНОГО ПРОЦЕССОРА  
«АЛТАЙ-3»



 МОТИВ НТ

# О КОМПАНИИ



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**

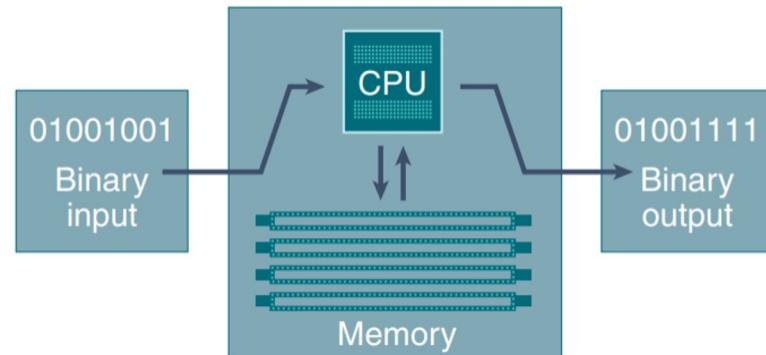
 АКСЕЛЕРАТОР  
**МИКРОЭЛЕКТРОНИКА**

# НЕЙРОМОРФНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ

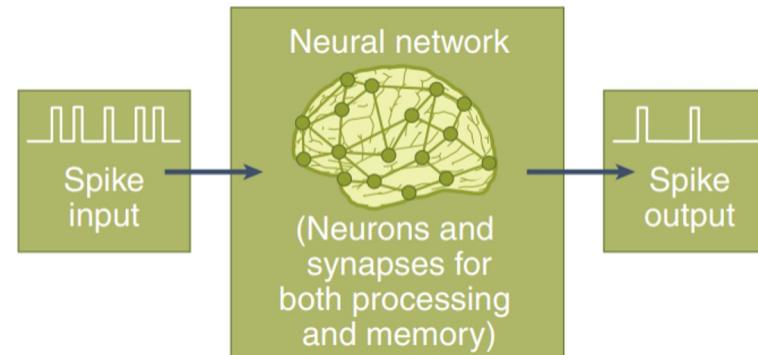


Kaspersky  
Neuromorphic AI

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



Архитектура  
фон Неймана



Нейроморфная  
архитектура



# 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



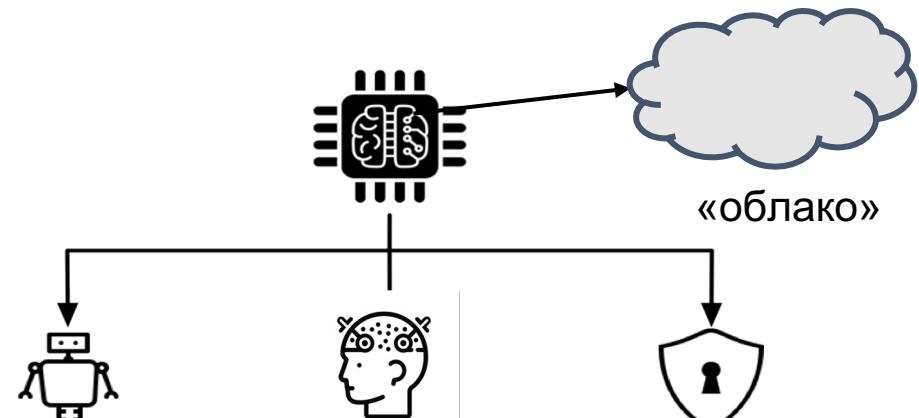
Ограниченная  
масштабируемость



Высокая  
стоимость решений



Высокая задержка



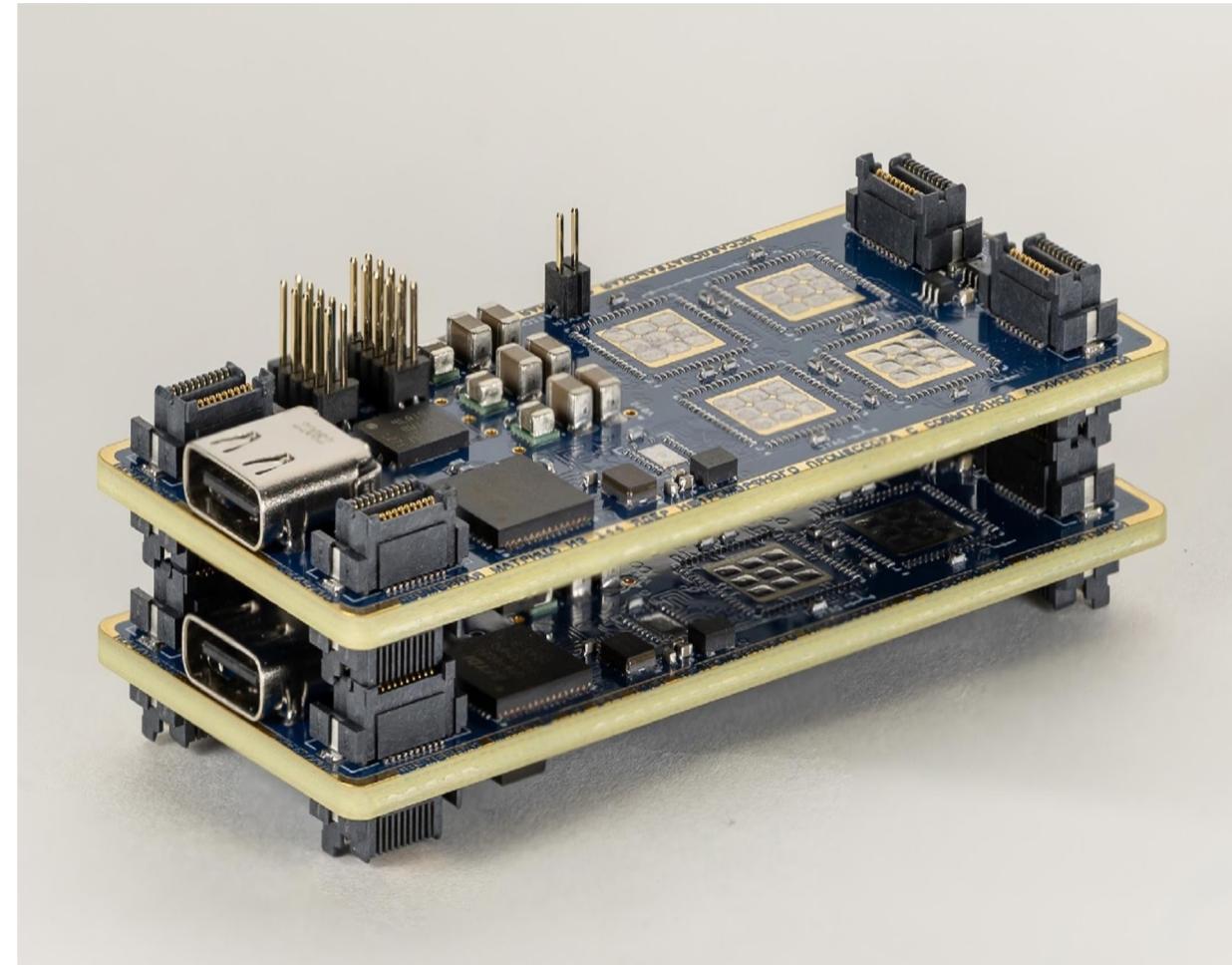
# «АЛТАЙ-3»

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

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



Kaspersky  
Neuromorphic AI



# ПРОЦЕДУРЫ ЯДРА «АЛТАЙ-3»



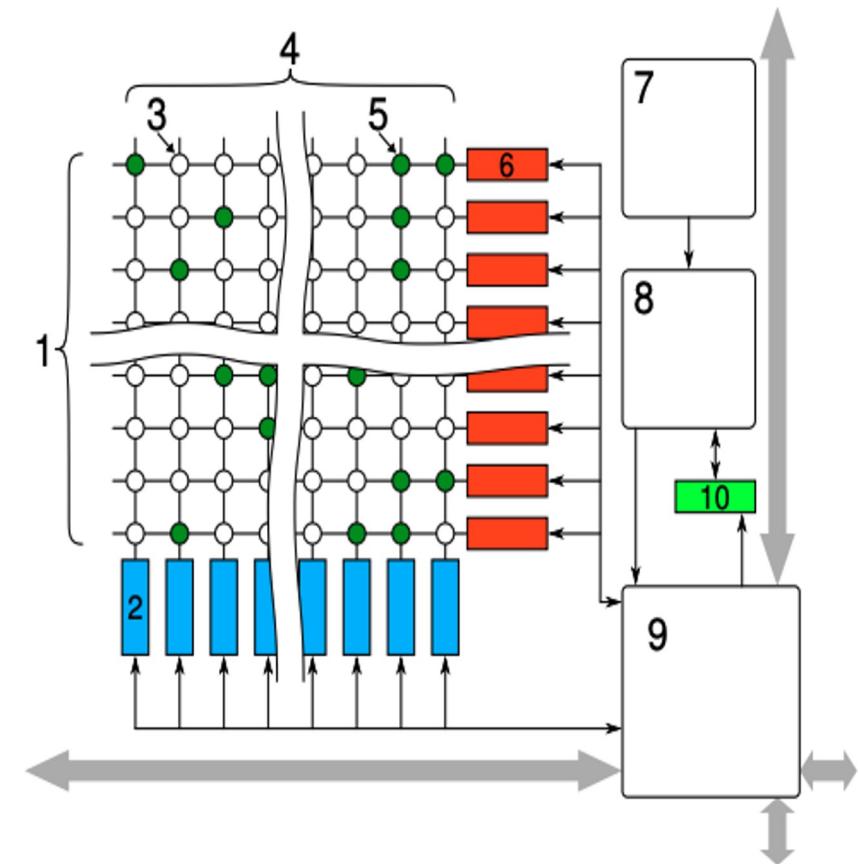
Обучение на кристалле требует выполнение некоторых действий при выполнении синаптической операции

## В «Алтай-3»

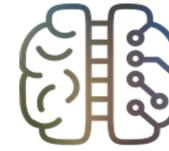
- реализуется возможность программировать отдельную синаптическую операцию
- реализуется возможность выполнять в ядре алгоритмы общего назначения

**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

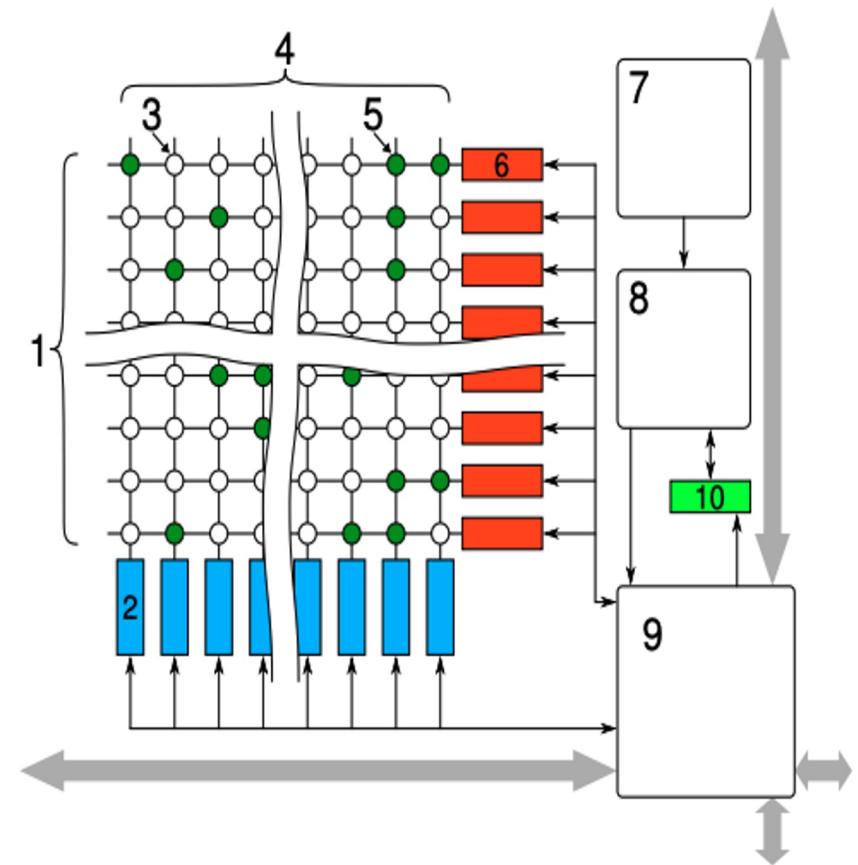
## В «Алтай-3»

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

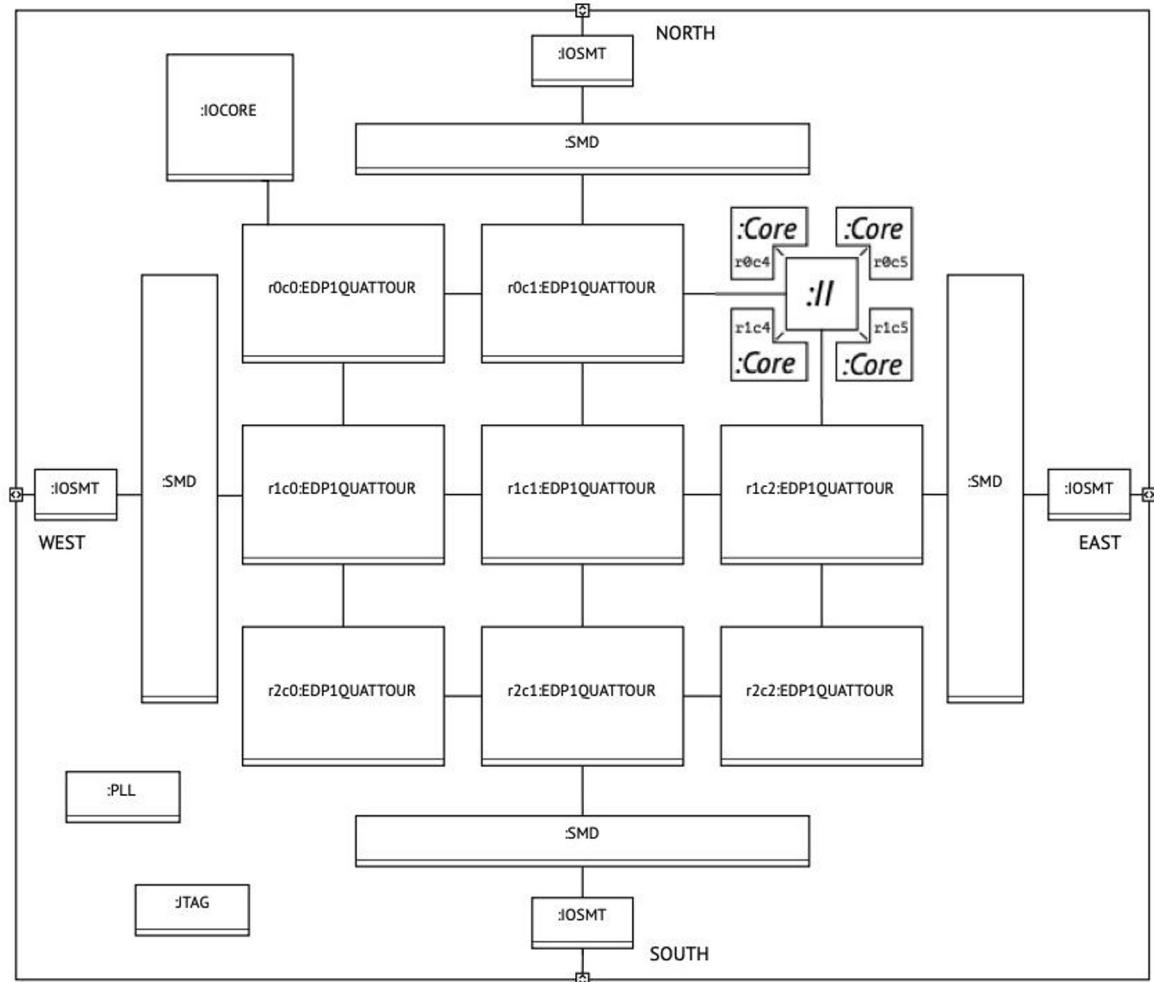
«Алтай-3» еще более энергоэффективен чем «Алтай-1»



# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СБИС «АЛТАЙ-3»



Kaspersky  
Neuromorphic AI



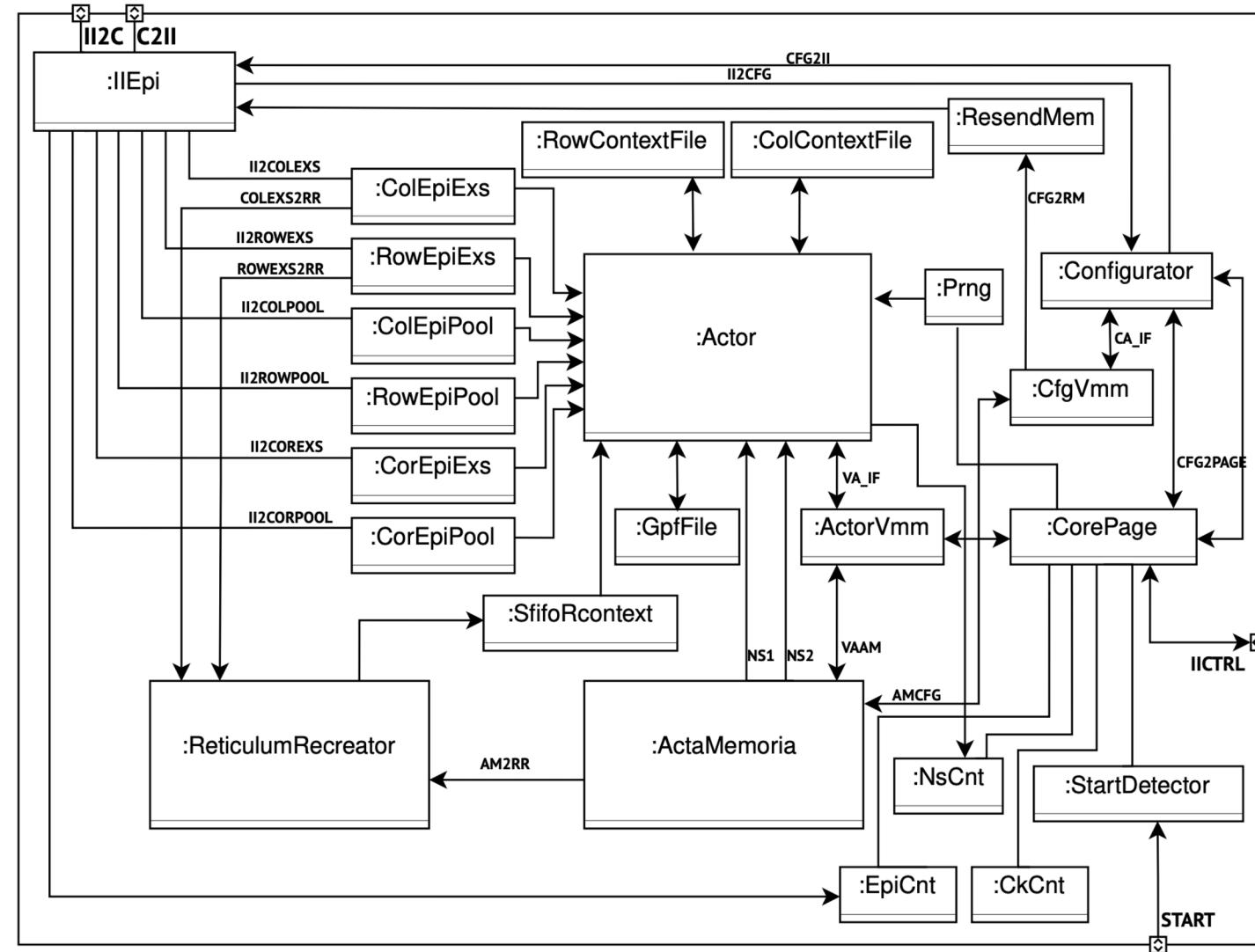
В основе СБИС лежит квадратная матрица  
«четвёрок» ядер «Алтай-3» размером 3×3

- *EDP1QUATTOUR* - «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»



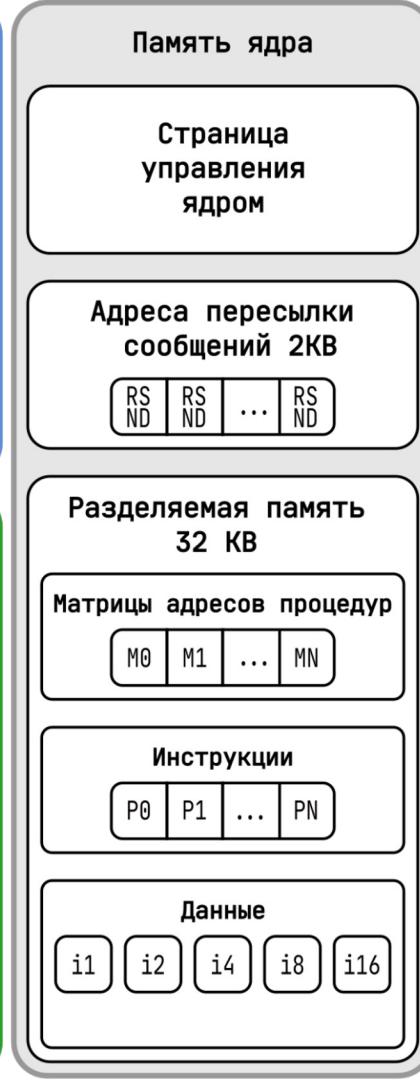
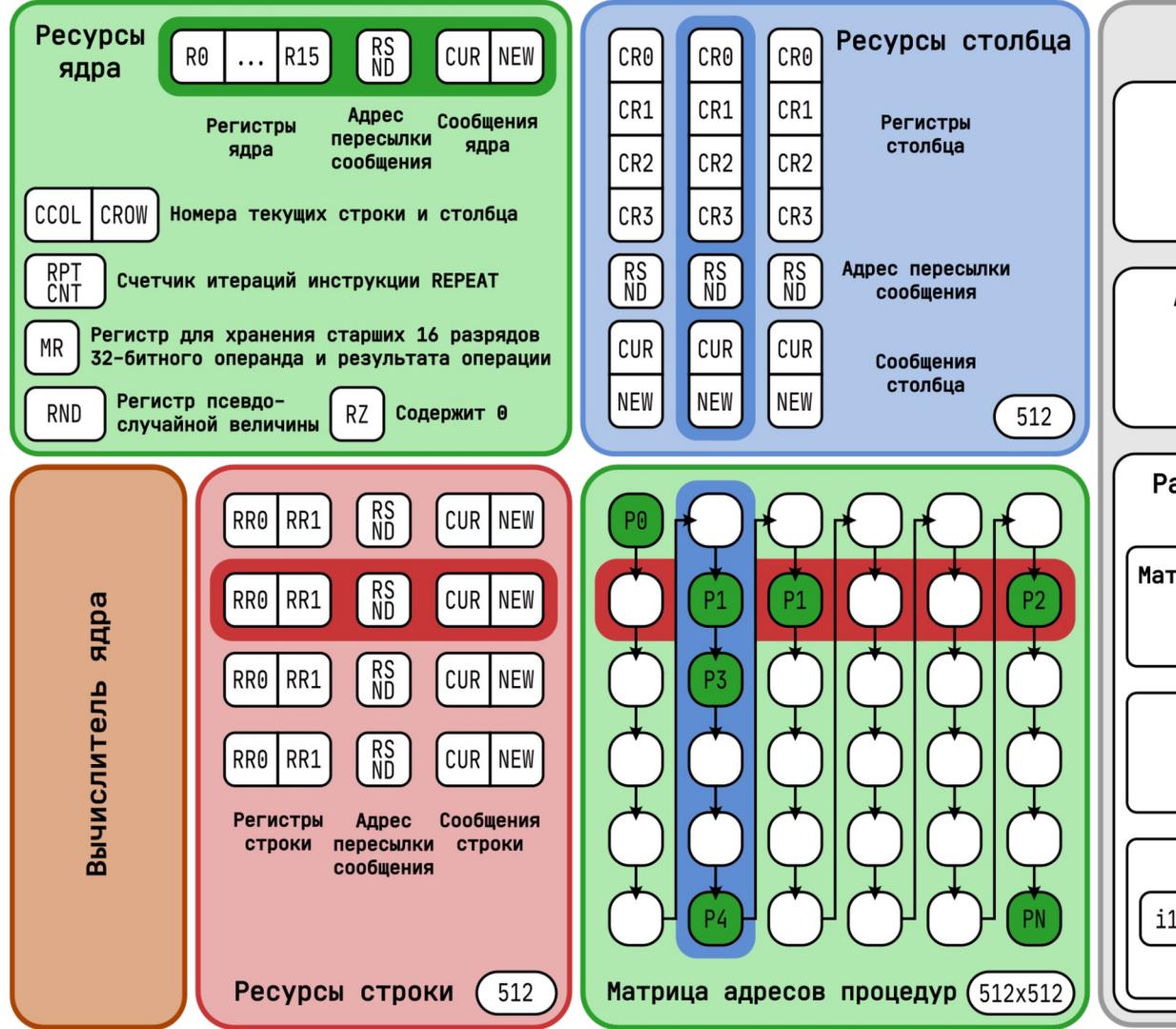
Kaspersky  
Neuromorphic AI



# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Kaspersky  
Neuromorphic AI



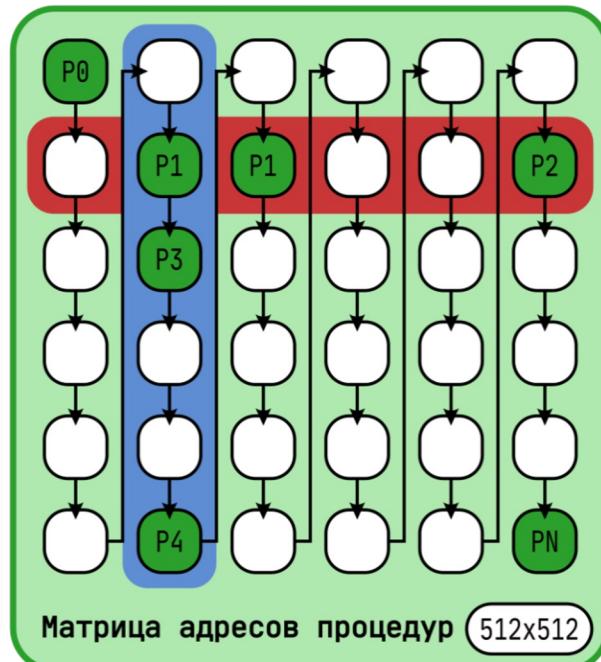
1. Матрица процедур (логический кроссбар).
2. Вычислитель ядра.
3. Ресурсы ядра.
4. Память ядра.
5. Ресурсы столбца - контекст столбца.
6. Ресурсы строки - контекст строки.

# 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 исполняется безусловно
2. процедура исполняется, если для нее есть сообщение в пуле данных строк для соответствующей строки
3. процедура исполняется, 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

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

Инструкции имеют одинаковую длину 32 бита, разрядность operandов поступающих в блок АЛУ16 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

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

**Специальные инструкции:** stm, post

# ИТЕРАЦИИ ЯДРА

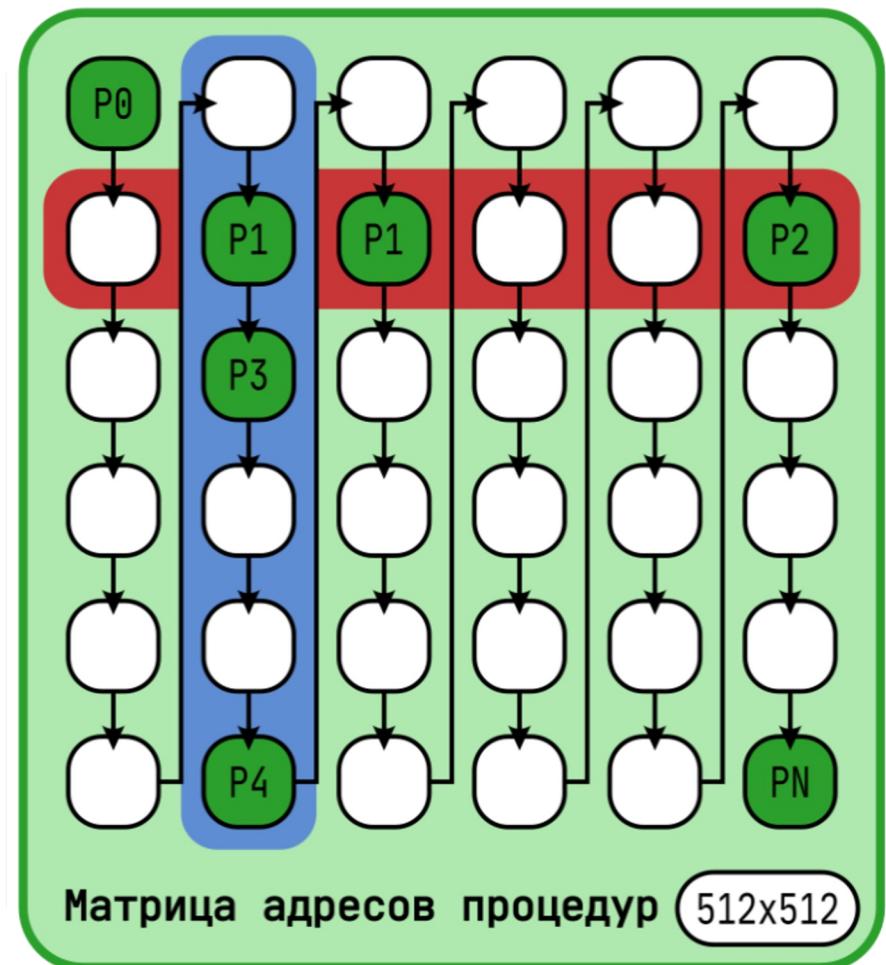


Kaspersky  
Neuromorphic AI

## Условия для запуска итерации ядра

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

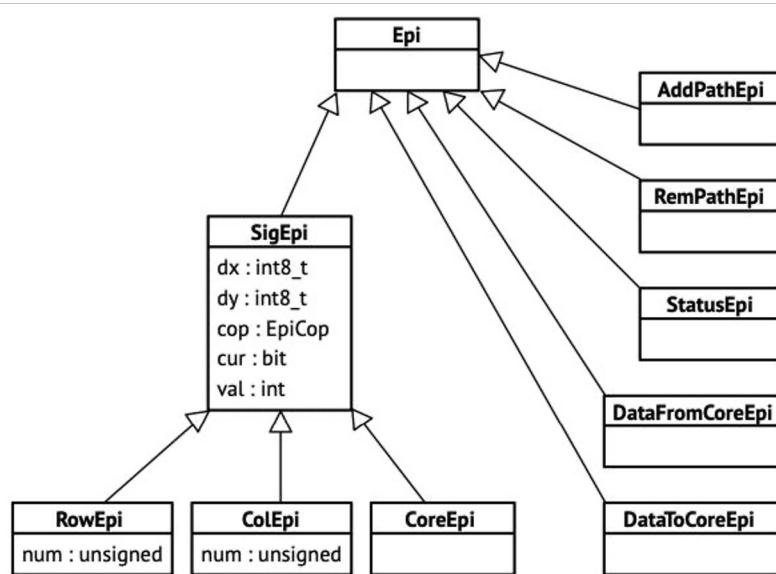
- после окончания текущей итерации автоматически запускается следующая;
- подан внешний сигнал **START**;
- получено сообщение на строку с номером, заданным в регистре **row\_epi\_start\_num** страницы управления ядром;
- получено сообщение на столбец с номером, заданным в регистре **col\_epi\_start\_num** страницы управления ядром.



# СООБЩЕНИЯ ЯДРА «АЛТАЙ-3»



Kaspersky  
Neuromorphic AI



## Операции с сообщениями (*cop*):

max, min, add, and, or, xor,  
shl or, shr or

### 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;

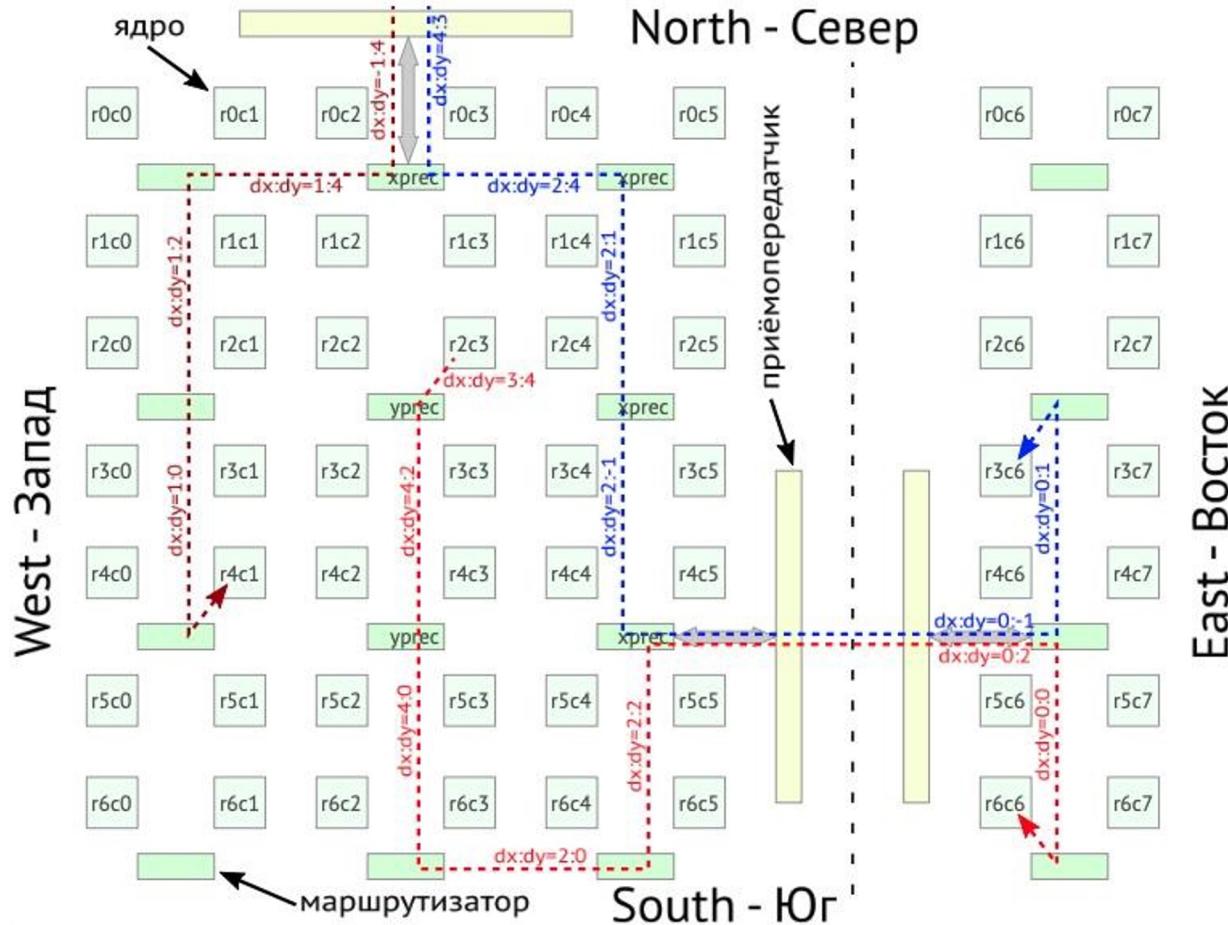
**DataFromEpi** — данные из памяти ядра.

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

# МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Kaspersky  
Neuromorphic AI



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

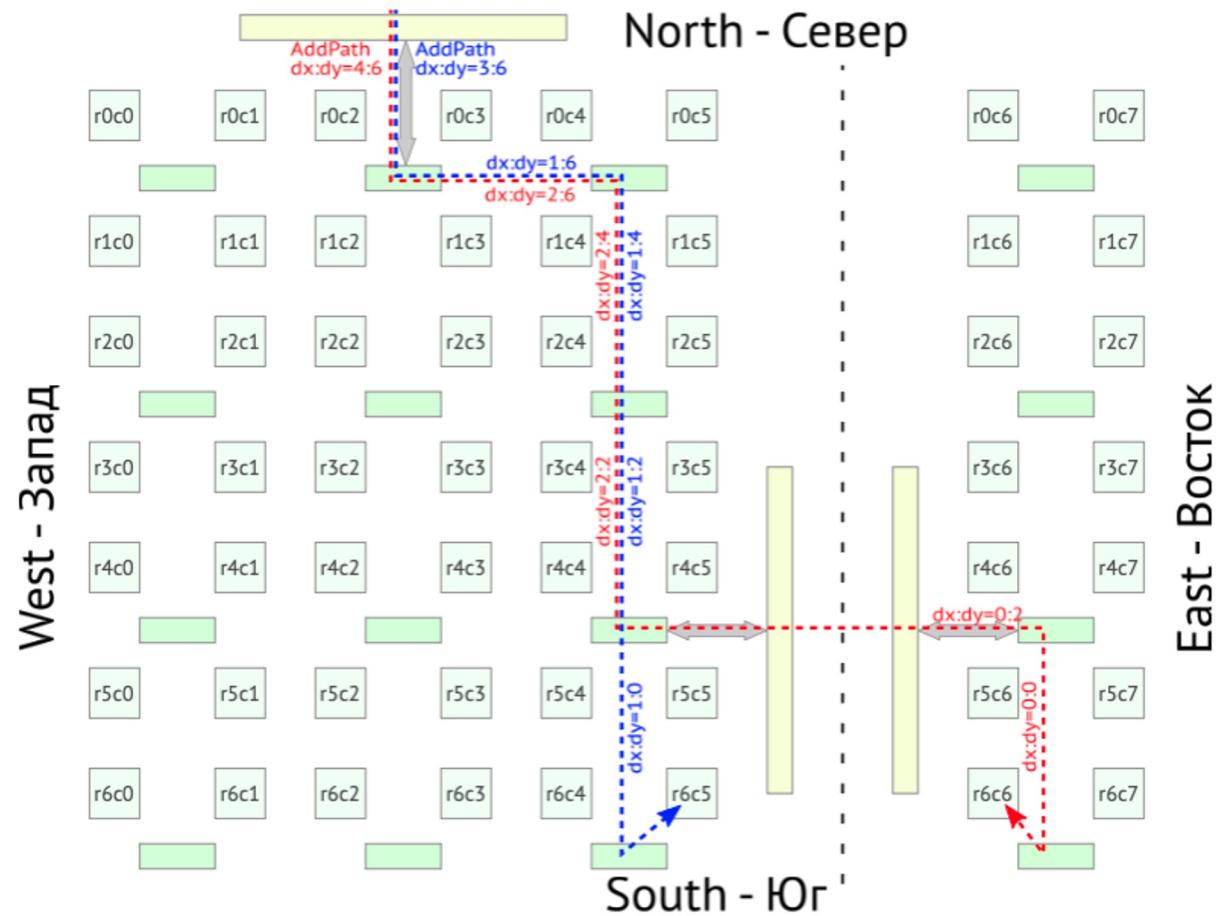
**yprec** — приоритетное направление движения вдоль столбца

Маршрутизация сообщений с адресной информацией

# МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Kaspersky  
Neuromorphic AI



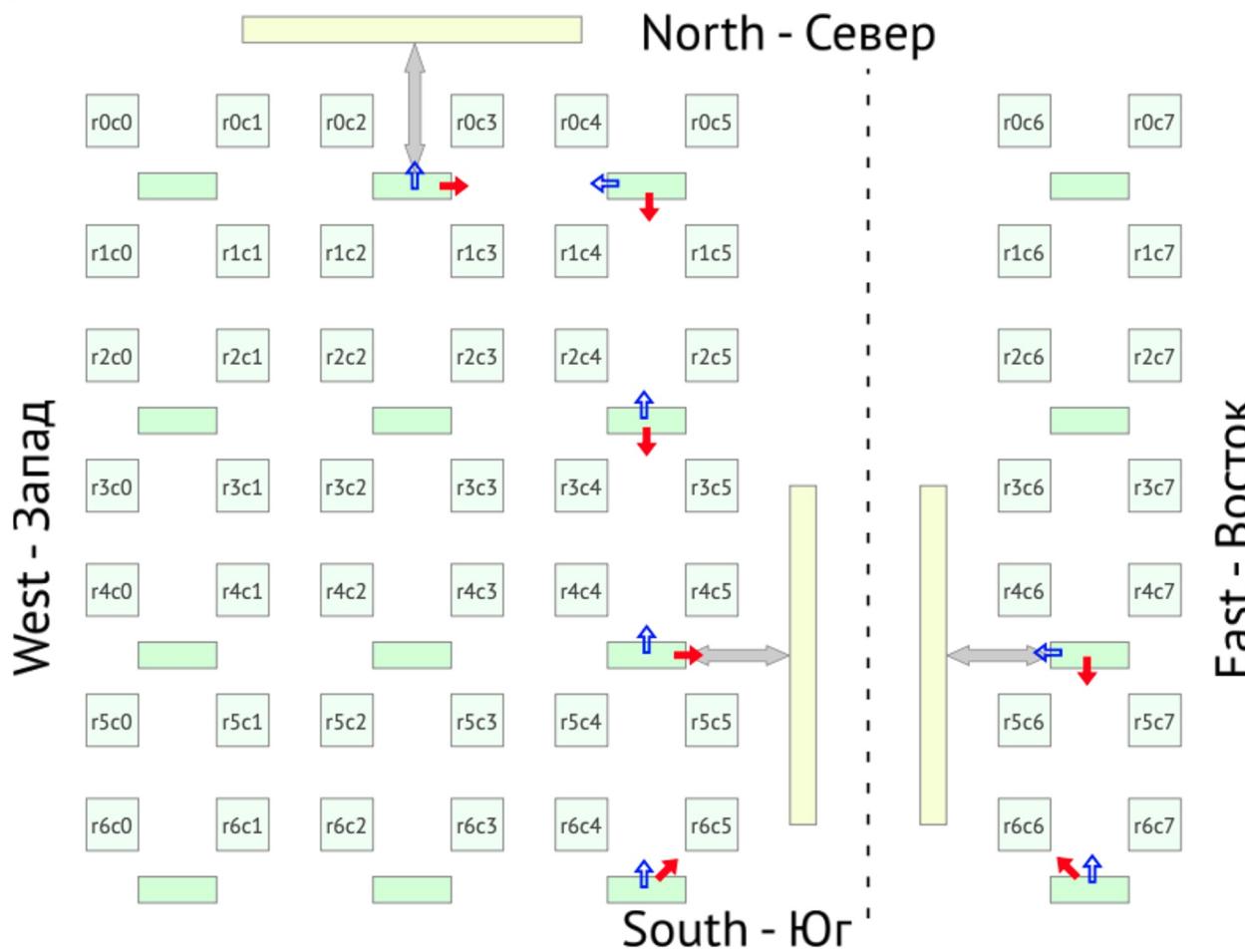
**Маршрутизация сообщений вдоль  
проложенного пути**

Прокладываем два пути с помощью  
сообщений ***AddPathEpi***

# МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Kaspersky  
Neuromorphic AI



**Маршрутизация сообщений вдоль  
проложенного пути**

↑ направление для сообщений  
*DataToCoreEpi* и *RemPathEpi*

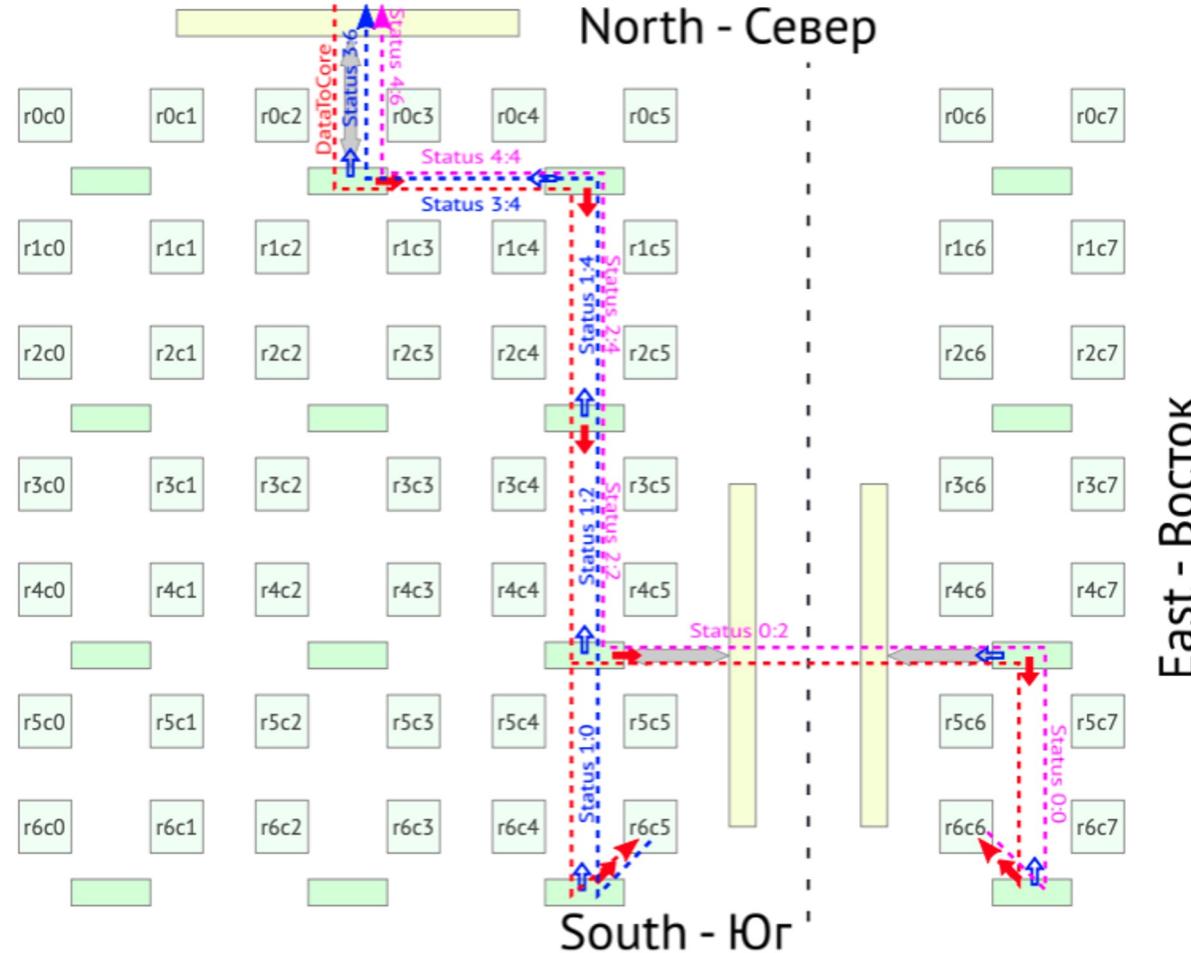
↑ направление для сообщений  
*DataFromCoreEpi* и *StatusEpi*

# МАРШРУТИЗАЦИЯ СООБЩЕНИЙ



Kaspersky  
Neuromorphic AI

West - Запад



North - Север

East - Восток

## Маршрутизация сообщений вдоль проложенного пути

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

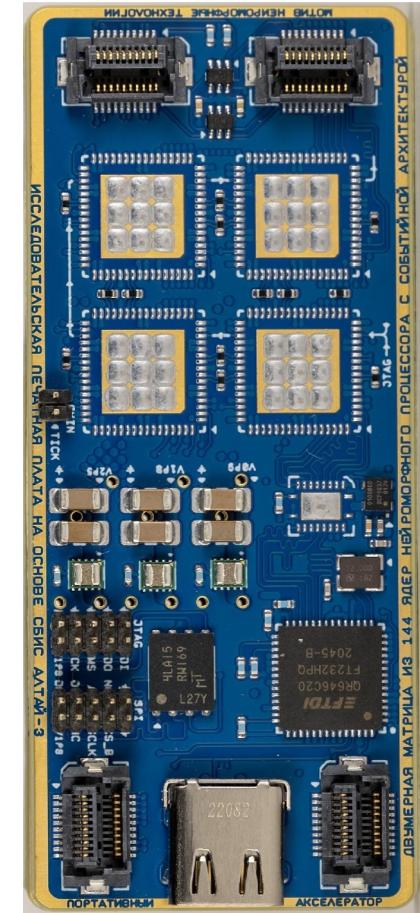
# МОДУЛЬ НЕЙРОМОРФНОГО АКСЕЛЕРАТОРА



Kaspersky  
Neuromorphic AI

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

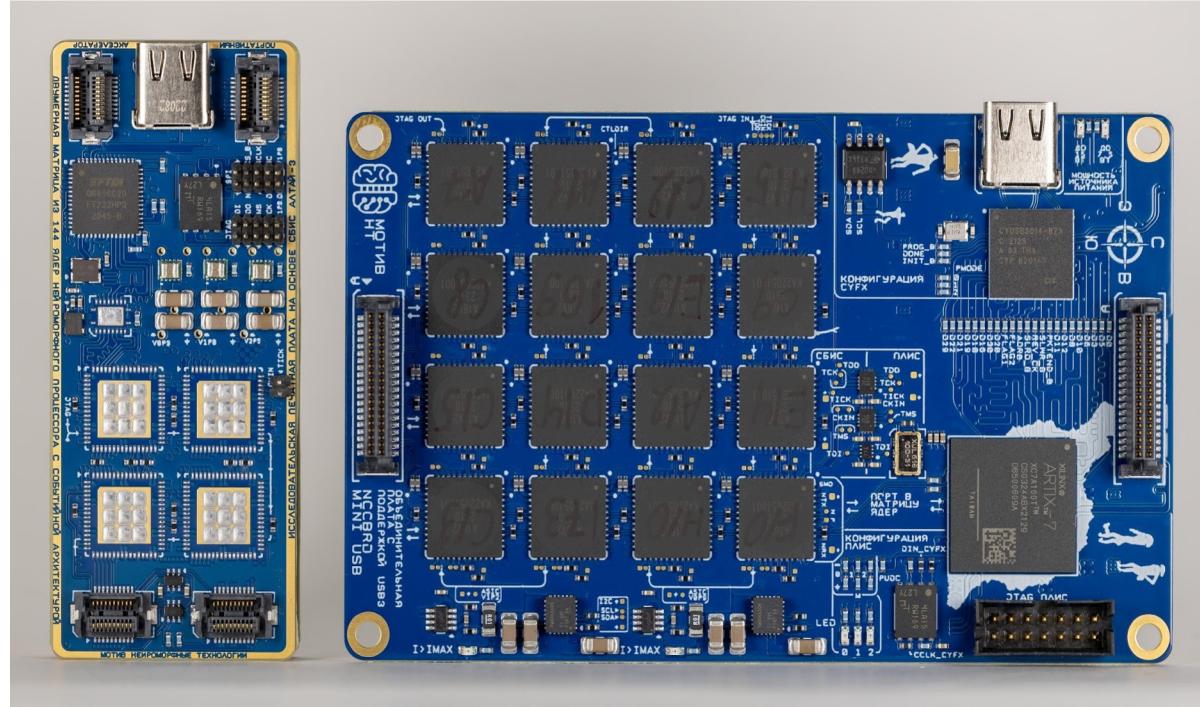
- Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм: **70x30x8,55**
- Число установленных СБИС «Алтай-3»: **4**
- Топология Матрицы на Модуле: **2 x 2**
- Направление взаимодействия Матрицы с ПК: **Север**
- Потребляемая мощность, Вт: **до 1.5**
- Есть возможность стыковки нескольких Модулей в стек (до 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@5V; 1,5 A@5V; 3,0A@5V**
- Интерфейс взаимодействия с Матрицей: **FT1248**
- Объем FLASH памяти для хранения конфигурации: **256 Мбит**



# НАПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА

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



Kaspersky  
Neuromorphic AI

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Kaspersky  
Neuromorphic AI



**Канглер Валерий Михайлович**

Технический директор

ООО «Мотив Нейроморфные Технологии»



+7 (913) 916-18-34



[vkangler@motivnt.ru](mailto:vkangler@motivnt.ru)



Сайт



Telegram



Дзен



KNP