

Технологии и перспективы аппаратно-программной платформы "Эльбрус"

Трушкин Константин Александрович

Универсальные микропроцессоры «ЭЛЬБРУС» и МЦСТ-R



МЦСТ R2000+
28нм

МЦСТ R2000
28нм

Эльбрус-8СВ
28нм

Эльбрус-16С
16нм

Эльбрус-2С3
16нм

Эльбрус-12С
16нм

SPARC V9 OoO

SPARC V9 OoO

5 поколение

6 поколение

6 поколение

6 поколение

-16 GFLOPS

-64 GFLOPS

-580 GFLOPS

-1.5 TFLOPS

-0,18 TFLOPS

-1,1 TFLOPS

-2 ядра

-8 ядер

-8 ядер

-16 ядер

-2 ядра

-12 ядер

-2 ГГц

-2 ГГц

-1.5 ГГц

-2.0 ГГц

-2.0 ГГц

-2.0 ГГц

-2 MB L2

-8 MB L2

-SIMD-128

-Виртуализация

-Виртуализация

-Виртуализация

-DDR4

-DDR4

-DDR4

-48 MB L2 + L3

-2 MB L2 на ядро

-36 MB L2 + L3

-3D GPU

- до 4 МП

-До 4 МП

-8 каналов DDR4

-SoC **мобильный**

- 2 кан. DDR4

-5 W

-25 W

-80 W

-До 4 МП

-3D GPU+codec

- до 2 МП

- Sample OK

- Sample OK, TO2

- Sample OK

- TO2 1H2022

2023 – серия

2018

2018

2022 - серия

2022 – серия

2023 – серия

Эльбрус-8СВ

- Производительность - до 580/290 Gflops;
- Количество ядер – 8;
- архитектура Эльбрус v5
 - SIMD 128
 - Улучшение работы с невыровненными данными
 - Улучшение работы в многопроцессорном режиме
- Тактовая частота – 1,5 ГГц;
- ОЗУ – DDR4-2400, четыре канала (до 76,8 ГБ/с)
- Канал ввода-вывода: 5+ Гбайт/с (в каждом направлении)
- До 4 микропроцессоров с общей памятью
- Потребляемая мощность 70-90 Вт;
- Технология – 28 нм;
- Количество транзисторов ~ 3.5 млрд;



Эльбрус-16С

- Производительность - до 1500/768 Gflops;
- Количество ядер – 16;
- архитектура Эльбрус v6
 - Аппаратная поддержка (полной) виртуализации
 - Поддержка (полной) виртуализации в кодах x86
 - Доп. улучшение работы с невыровненными данными
 - Поддержка динамической компиляции
- Тактовая частота – 2 ГГц;
- ОЗУ – **DDR4-3200**, 8 каналов (до 200 ГБ/с)
- PCI-Ex. 3.0 x 16/32 (30 Гбайт/с в каждом направл-и)
- До 4 микропроцессоров с общей памятью, **до 16ТБ**
- Потребляемая мощность ~110 Вт;
- Технология – 16 нм;
- Количество транзисторов ~12 млрд;



Эльбрус-2С3



- Производительность - до 192/96 Gflops;
 - Количество ядер – 2;
 - архитектура Эльбрус v6
 - Архитектурные улучшения
 - Тактовая частота – 2 ГГц;
 - ОЗУ – DDR4-3200, 2 канала (до 50 ГБ/с)
 - PCI-Ex. 3.0 x 16 (до 15 Гбайт/с в кажд. напр-и)
 - Встроенное видео с 3D ускорением
 - Аппаратные видеэнкодеры:
 - Google BigE (VP9)
 - Imagination E5810MP3 (H.264/265)
 - Аппаратные видеодекодеры:
 - Google G2 (VP9)
 - Imagination D5520MP3 (MJPEG, MPEG-1, MPEG-2, H.263/264/265, MPEG-4, VP8)
 - Потребляемая мощность ~10 Вт;
 - Технология – 16 нм;
- 3 независимых дисплейных контроллера
 - 4 видеовыхода: 1xRGB, 2xHDMI(+звук), 1xLVDS
 - разрешения FullHD, “2.5k”, “4k”
 - видеовыходы DVI/HDMI, LVDS, DSI, DisplayPort
 - VGA-совместимость
 - 2D: блиттер, alpha blending, YUV, оверлеи, повороты на 90°
 - 3D: Imagination PowerVR GC6650 (300 GFLOPS, 9 Gpix/s)

Эльбрус-12С

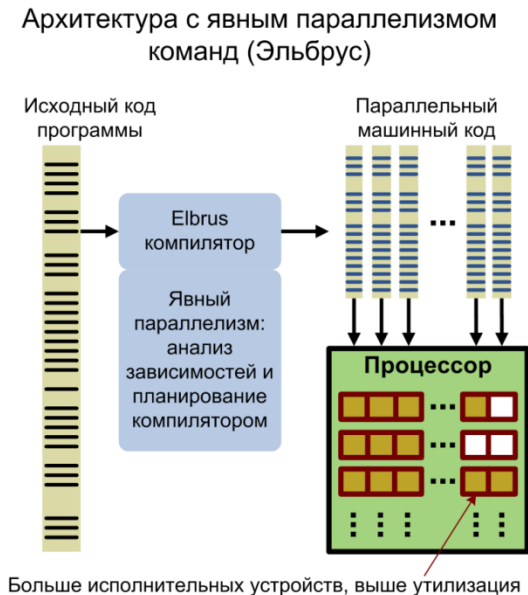
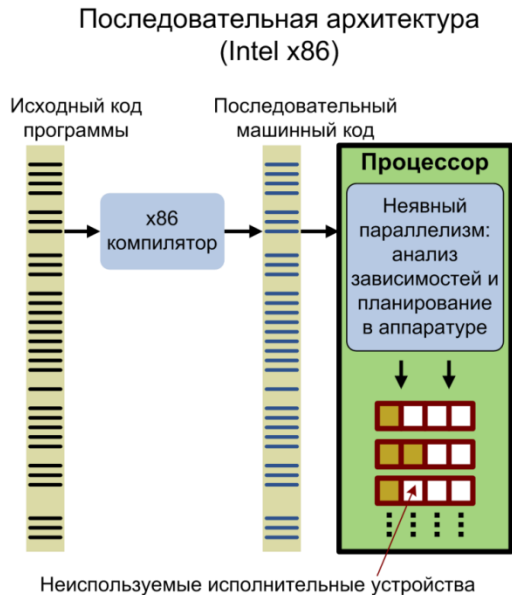
- Производительность - до 1100/550 Gflops;
- Количество ядер – 12;
- архитектура Эльбрус v6
 - Аппаратная поддержка (полной) виртуализации
 - Поддержка (полной) виртуализации в кодах x86
 - Доп. улучшение работы с невыровненными данными
 - Поддержка динамической компиляции
- Тактовая частота – 2 ГГц;
- ОЗУ – DDR4-3200, 2 канала (до 50 ГБ/с)
- PCI-Ex. 3.0 x 16/32 (30 Гбайт/с в каждом направл-и)
- До 2 микропроцессоров с общей памятью
- Потребляемая мощность ~90 Вт;
- Технология – 16 нм;



Принципы архитектур: RISC vs. VLIW (Эльбрус)



Линия
МЦСТ-R

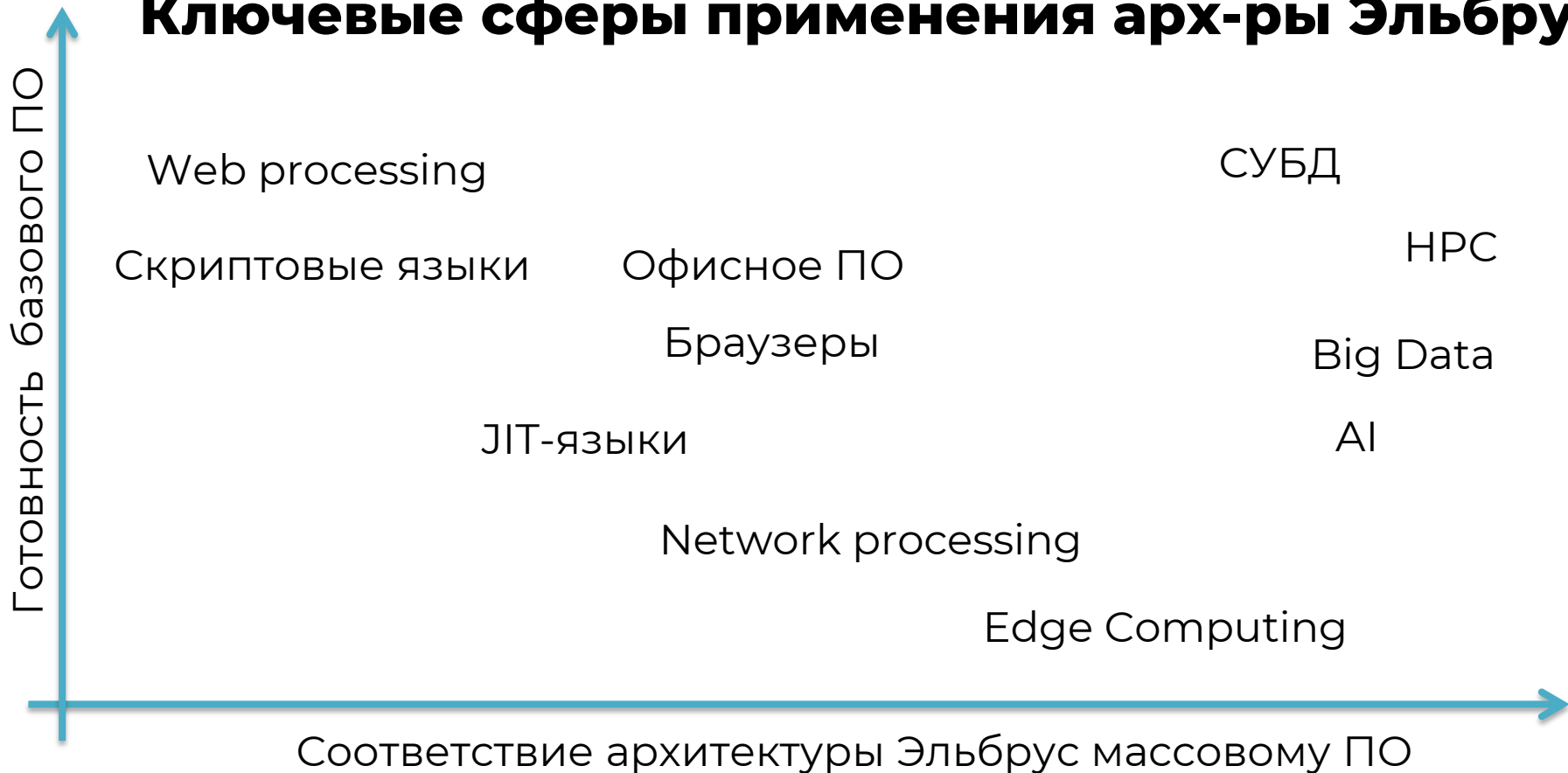


Линия
Эльбрус

Перенос части работы по распараллеливанию на компиляцию

Достижение большего параллелизма при меньшей мощности

Ключевые сферы применения арх-ры Эльбрус



Уровень технологий Эльбрус в ЦОД и НРС

ФГБУ НИИ Восход

- ЦОД для ГИС «МИР» для обработки паспортно-визовых документов нового поколения (ПВДНП)
- Национальный удостоверяющий центр (НУЦ)

Первый пример ГИС на росс. процессорах

МВД России

- Серверы Эльбрус для ЦАФАП - **400+** шт во всех регионах России

Первая высоконагруженная система на российских процессорах

Ростелеком

- Облачный сервис (открытое/частное облако)

Первая промышленная система виртуализации

Обработано 10.5 млн документов. Сервис 24x7

Реализация виртуализованной среды на текущих процессорах Эльбрус

Центр компетенций

Уровень технологий Эльбрус в АРМ и embedded

РЖД

- 1000 тонких клиентов для линейного персонала

Первая массовая поставка на гражданском рынке

РЖД

- Управление стрелочным хозяйством

Внедрение на станциях РЖД «Карачарово» и др.

Россети

- Поставка СВТ Эльбрус в составе АСУ ТП

Система РЗА. ПАК «Пирамида» для управления подстанциями

Использование ПК с МП Эльбрус-1С+ для VDI (тонкий клиент)

Промышленные компьютеры с МП Эльбрус-4С и ОС РВ Эльбрус

Подстанция «Борская»
МРСК «Сибирь»

Пример: Централизованная РЗА для Россетей



Разработчик: НИПОМ (Н.Новгород)

Премия Правительства РФ в области науки и техники в 2020 году



Нижегородская ГЭС

- Централизованная РЗА (КЗ ЛЭП и защита трансформатора)
- Полностью цифровое решение
- Совместная работа с оптическими ТТ «Профотек»



ПС-220 кВ «Борская»

- Дифференциальная защита ЛЭП 220 кВ «Борская-Семёновская»
- Обмен данными между полукомплектами по протоколу МЭК 61850-9-2 (SV)

Пример: АСУ ТП для Россетей (ПАК МАРС)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
КОМПЛЕКСНОГО УЧЁТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ



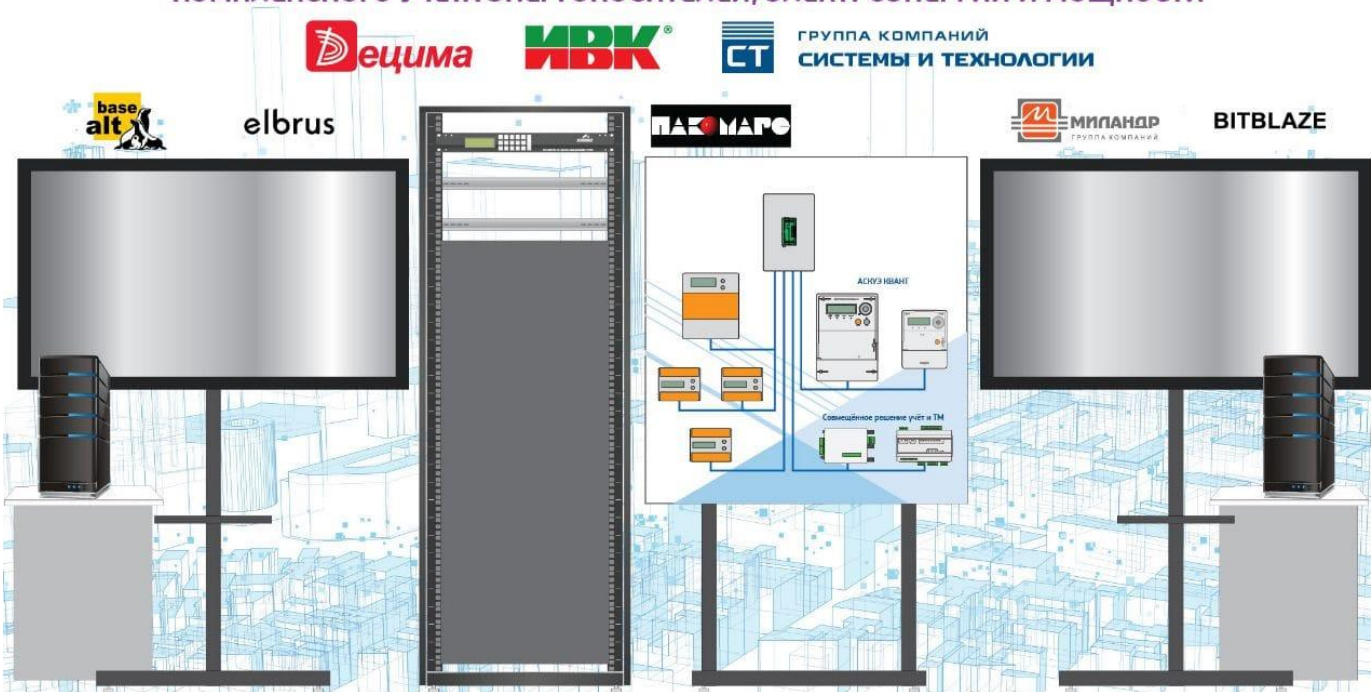
ГРУППА КОМПАНИЙ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



elbrus



BITBLAZE



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЭЛЬБРУС

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ОС Альт
Astra Linux (Leningrad)
Эльбрус Линукс
РЭД ОС
ROSA Linux
ЗОСРВ «Нейтрино»
ЛОТОС
QР ОС*
Microsoft Windows*

ДОКУМЕНТООБОРОТ

ЭОС Дело
БюрократЪ

ГИС

Панорама
Интеграция
Горизонт

ВКС

TrueConf
РТИ-видеомост
IVA
НИПС

СРЕДСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

ViPNet
КриптоPRO
JaCarta

СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

Аргус
Infowatch DLP

АНТИВИРУСЫ

Dr.Web
Касперский
ClamAV
ПК АВЗ

VDI

Tionix (клиент)
Скала-Р (клиент)

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ

LXC
Docker

ПОЧТОВЫЕ КЛИЕНТЫ

Thunderbird
CommuniGate

САПР

FlowVision
Логос*

SCADA И АСУ ТП

OpenSCADA
MasterSCADA
СДКУ Фокус
Котми
Пирамида*

IP-ТЕЛЕФОНИЯ

Asterix
Eltex ECSS-10 SOFTSWITCH
Linphone

БРАУЗЕР

Mozilla Firefox

МЕЖСЕТЕВЫЕ ЭКРАНЫ

Дионис NX

ПО ДЛЯ СХД

Ceph
RAIDIX
KFS
Аэродиск
БАУМ

ERP

Турбо ERP
1С*
SAP HANA*
СБК- Предприятие

ВИДЕОСЕРВЕР

Domination Высота
Flussonic

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

LUI для СУБД

НЕЙРОСЕТИ

PuzzleLib
Smart ID Reader
TensorFlow
PyTorch

БАЗЫ ДАННЫХ

PostgreSQL
Postgres PRO
Линтер
РЭД БД
Квант-Гибрид
ClickHouse

БИЗНЕС-АНАЛИТИКА

LuxBI

ЭЛЕКТРОННЫЙ АРХИВ

ЭлАР
Архив ДЕЛО*

ОБНАРУЖЕНИЕ АТАК

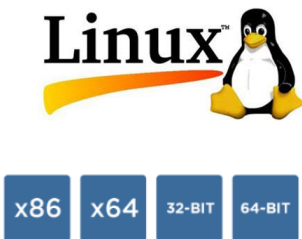
Аргус

Миграция ПО на платформу Эльбрус через ДТ

Исходное ПО для платф. Windows



Перевод на стек ПО для платф. Linux/x86



Постепенный перенос ПО на арх. Эльбрус



Перенос всех приложений на арх. Эльбрус



ДТ + Виртуализация Эльбрус-16С



С помощью двоичной трансляции (ДТ) можно ускорить внедрение российской ВТ, не дожидаясь портирования всего стека ПО

Программная инфраструктура в репозитории Эльбрус

- Собственные средства разработки:

- Fortran2003 , C11, C++17 -> 20
- Совместим с **gcc**, в разработке **llvm** back-end

- Java 8, 11
- Mono 5.16, (2021: 6.12), .NET Core 3.1.8
- NodeJS: 12.16.3

- Библиотека EML ~ 1500 функций

- **Двоичный транслятор system / application**



- Дистрибутив и PDK – для разработчиков дистрибутивов и ПАК

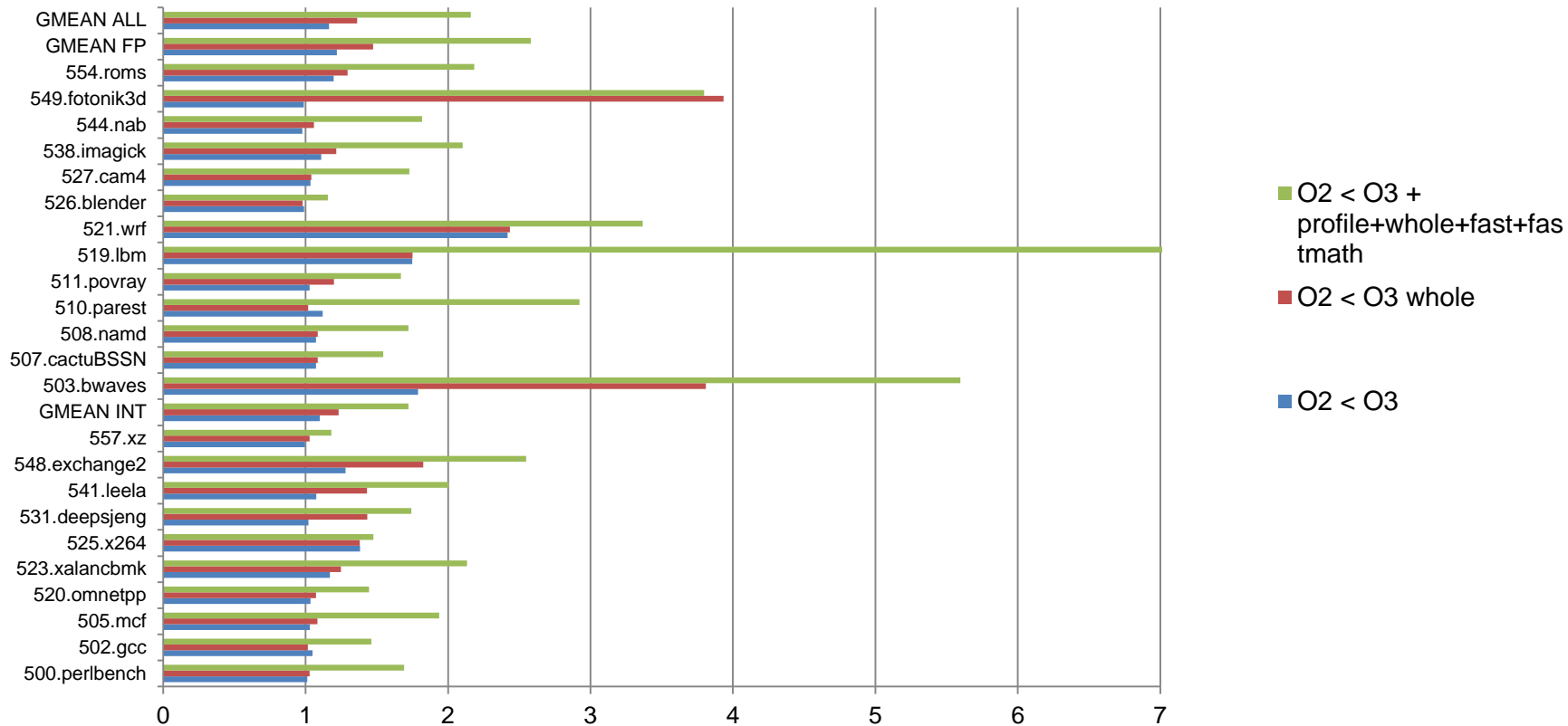
- Ядра: 5.4. и более ранние. Версии для Эльбрус, x86-64, SPARC
- Более 5000 программных пакетов
- Арх.-зависимые фрагменты и оптимизации



Программная инфраструктура - развитие

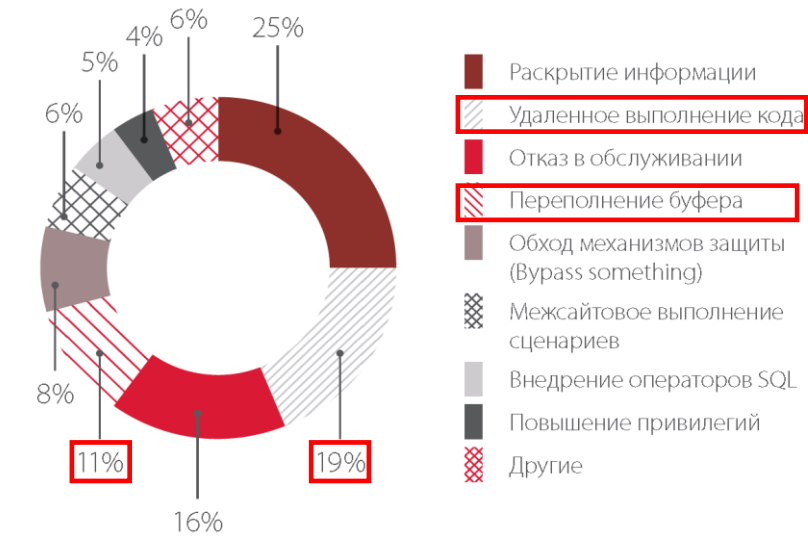
- LLVM
 - Поддержка llvm-13 (был llvm-9) **beta**
 - Работа с новыми входными контекстами: llvmpipe, компилируемые СУБД-запросы
 - clang используют соразработчики для прикладного портирования
- Виртуализация
 - kvm + qemu + libvirt для процессоров elbrus-v6 **beta**
 - запуск виртуальных машин для x86 (windows, linux) с помощью intel **alpha**
- Начало работ по динамической оптимизации программ (LCC, LLVM)
- Начало работ по созданию контейнера с защищённой памятью (-m128)
- Дистрибутив и PDK – планы на 2022 год
 - Ядра: 5.15
 - Паравиртуализация **alpha**
 - Машинное обучение – всестороннее тестирование через PerfML

Ускорение от оптимизаций на SPEC CPU 2017



Инфобез: Технология безопасных вычислений

- **Защита от ошибок программиста:**
 - **неинициализированные данные**
 - **контроль границ объектов**
 - **обращение к освобождённой памяти**
- **Защита от эксплуатации ошибок злоумышленником:**
 - **Переполнение буфера (buffer overflow)**
 - **use-after-free**
- **Изоляция недоверенного модуля / защита от утечек информации через библиотеки**
 - **межмодульная защита**
- **Рост производительности труда программистов в несколько раз**



Ошибки с системах АСУ ТП, связанные с неправильной работой с памятью - Отчёт Positive Technologies, 2016

В каждой тысяче строк кода содержится минимум одна ошибка

В ядре Linux содержится 20+ млн строк кода

Для финансовых приложений безопасность главная характеристика после корректности функционирования. ТБВ повышает оба КРІ

Искусственный интеллект на МП Эльбрус

OpenCV – поиск и распознавание лиц в видеопотоке.

Реализовано на OpenCV 3.2.0 из актуального дистрибутива.

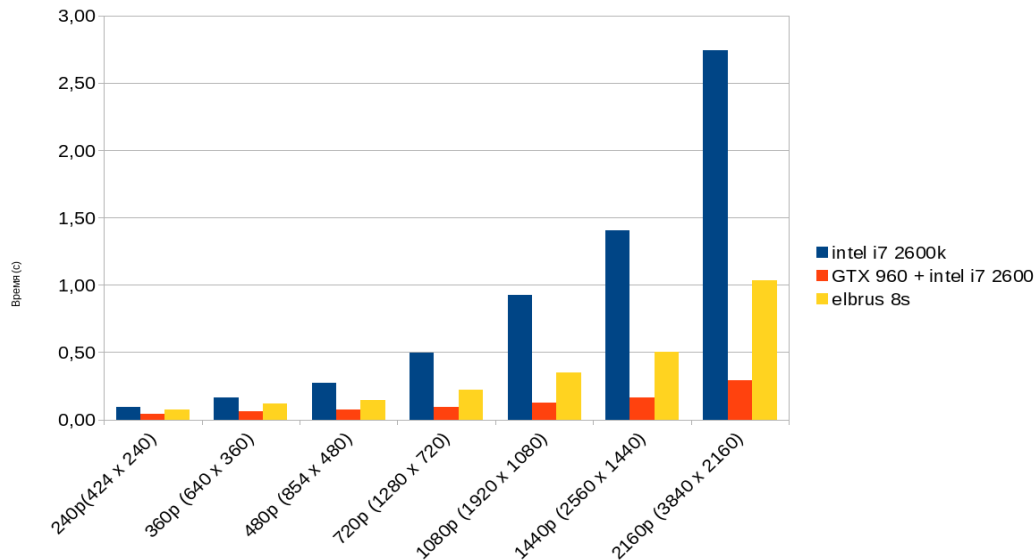
На слайде результаты при параметрах

Scale factor = 0,50min,

Search window size 46 x 56

Общие результаты показывают, что на высоких разрешениях Эльбрус работает стабильно быстрее Intel.

На некоторых наборах параметров (до разрешения 854 x 480) наблюдается выигрыш Эльбруса даже по сравнению со связкой Intel+Nvidia.



Производства и основные партнёры (HW + СХД)



+ более 15 российских заводов – контрактных производителей

эльбрус

Уровень технологий Эльбрус в СХД

НТ НОРСИ-ТРАНС

Послед. чтение

5.7 ГБайт/с

Послед. запись

2.7 ГБайт/с

IOPS, чтение

1.4 млн

IOPS, запись

0.7 млн

Корпоративный функционал

Есть

Гипер-конвергентность

Есть

Хранение ФЗ-374

Есть

Уровень 2021 г.

Mid range

Уровень 2022 г.

High End

RAIDIXE

AERODISK
faster, higher, safer

BAUM
UNIFIED DATA STORAGE

BITBLAZE



DEPO

РСК

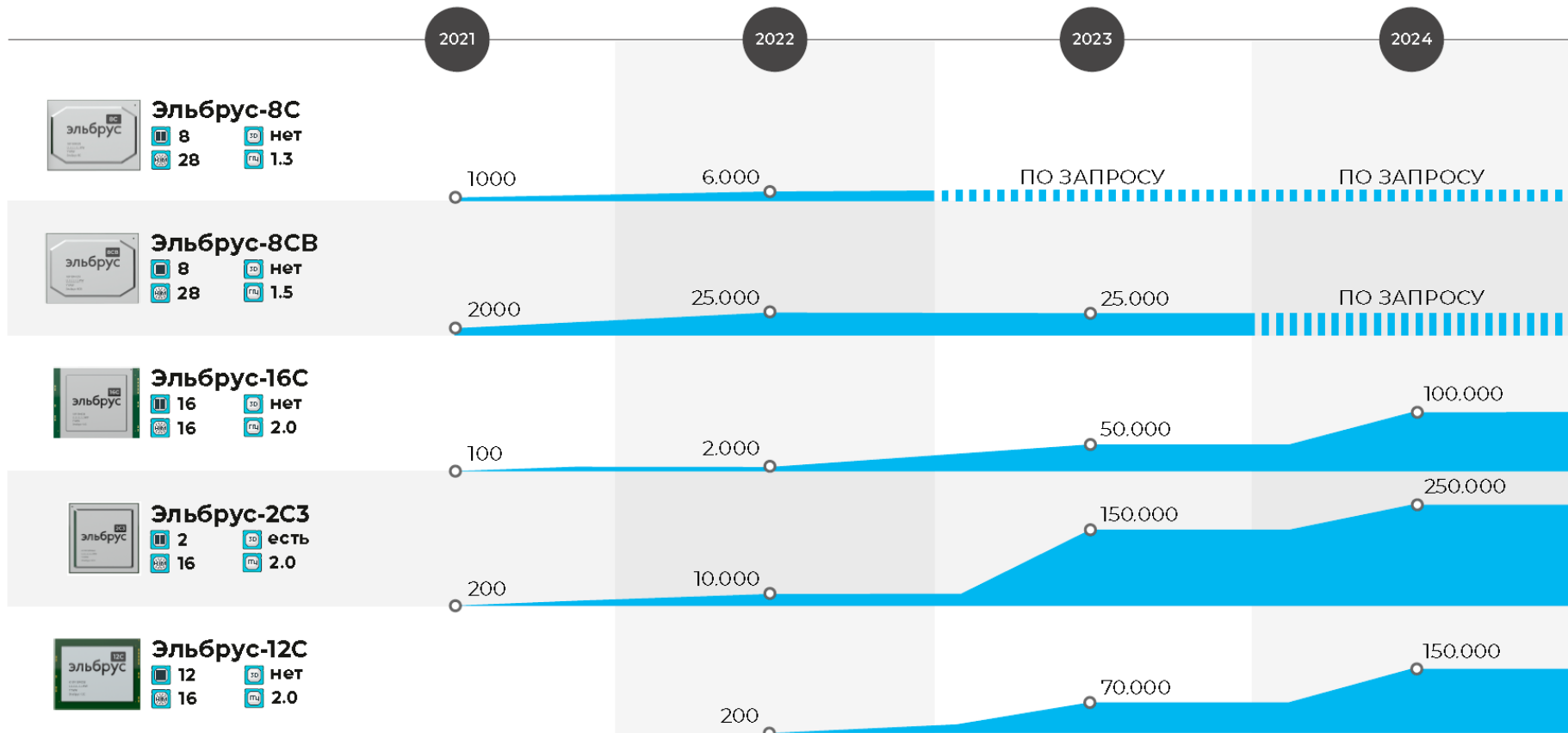
ОТВ

АРГО ИСТ

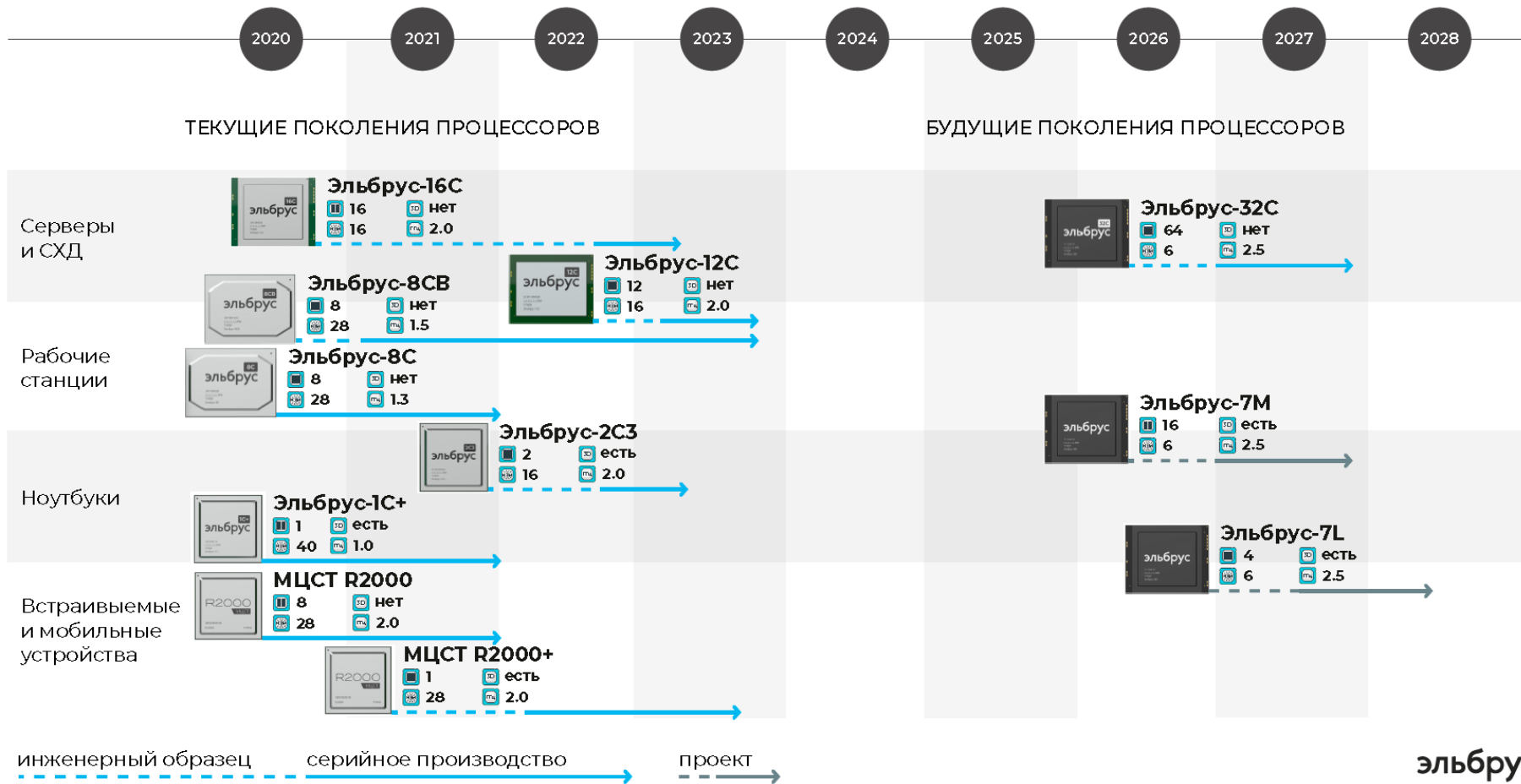
Практическая работа с платформой Эльбрус

- Получение удалённого доступа – в МЦСТ и у партнёров
- Демо-фонд, демо-зона
- Получение лицензии на готовую КД
- Разработка под заказ
- Получение референс-дизайнов для самостоятельной доработки
 - поддержка
 - услуги по кастомизации
- **Готовимся сертифицировать дизайн-центры**
- Референсные компьютеры для пилотных проектов и демо-образцов
 - Первые 100 developer board на МП Эльбрус-16С и Эльбрус-2С3 уже поставляются клиентам
- **Готовимся сертифицировать контрактные производства**
- **Появились первые дистрибьюторы**

ВОЗМОЖНЫЕ ПОСТАВКИ ПРОЦЕССОРОВ ЭЛЬБРУС



ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОРОВ ЭЛЬБРУС И МЦСТ-R



Микропроцессор «ЭЛЬБРУС-32С»

- > 3 TFLOPS (FP64) / 6 TFLOPS (FP32) / 12 TFLOPS (FP16) 4x
- 32...64* ядра Эльбрус v6 @ >=2 ГГц (арх 7-го поколения) >2x
- Система команд - крипто- и нейропримитивы, гибкость
- Виртуализация – развитие
- Технология безопасных вычислений - развитие
- Объём кэш-памяти >=64 MB 2x
- >= 6 каналов памяти DDR5 1.5...2x
- >= 4 ТБ на процессор 4x
- >= 64 PCIe 5.0 lanes 4x
- NVMe/SATA, Ethernet 10...100*, USB >=3.1
- Многопроцессорность (2S-4S* конфигурации)
- Шина CXL 2.0 – для интерконнекта и акселераторов
 - NVMe nex-gen, Mellanox, Ангара, СМПО, нейропроцессоры
- <=6 нм FinFET, ~600 мм², ~30B транзисторов



Крупные облачные ЦОД
Супер-ЭВМ
Кластеры с общей памятью
Стенды для отладки ПО
Гибридные вычисления
СХД гиперконвергентные
СХД классические High-end

*возможность определяется в ходе проектирования
Зелёным – улучшение в размах относит. Эльбрус-16С

Потенциал улучшения технологий Эльбрус

Практическое ускорение исполнения ПО:

- развитие технологий компилятора – до 2x
- доработка архитектуры Эльбрус – до 1.5x
- наращивание частоты – до 1.5x
- гибридное сочетание архитектуры процессоров Эльбрус с RISC ядрами

Ускорение разработки ПО через развитие технологии безопасных вычислений

- до 2x через ускорение и упрощение поиска ошибок

Улучшение двоичной совместимости с кодами x86 / x86-64

- интеграция с технологиями виртуализации
- интеграция с технологиями SIEM (мониторинг информ. безопасности)
- архитектурное ускорение + средствами двоичного компилятора до 1.5x

Новые возможности для big data и AI

Раскрытие информации о платформе Эльбрус для формирования сообщества open-source
Лицензирование дизайна ядер процессора Эльбрус

эльбрус

О компании АО МЦСТ

1948 — Образован ИТМиВТ им. Лебедева

1992 — Образовано АО «МЦСТ» группой специалистов ИТМиВТ

2001 — Первый микропроцессор МЦСТ-R150 (150 МГц)

2007 — Первый микропроцессор серии Эльбрус (300 МГц) и ВК на его базе

2021 — МП Эльбрус-16С,
производительность 0.75 Тфлопс
Сервер 4хЭ-16С , 3 Тфлопс – план (Q4)

Штат 450 человек

(5 ДТН, 40 КТН, 40 студентов, 9 аспирантов)

R&D 340 человек

Кафедра в МФТИ, договор с МИФИ

