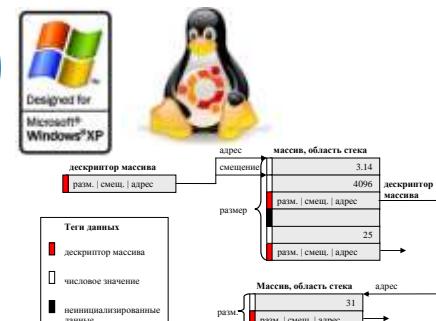


Российские суперкомпьютерные технологии «Эльбрус»

Ким А.К., Бычков И.Н., Волконский В.Ю., Воробушков В.В.,
Груздов Ф.А., Михайлов М.С., Нейман-заде М.И., Семенихин
С.В., Слесарев М.В., Фельдман В.М.
ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», ЗАО «МЦСТ»

Продукция и технологии ЗАО «МЦСТ»

- Микропроцессоры
- Контроллеры
- Операционная система
- Системы программирования
- Система двоичной совместимости
- Система защищенного программирования
- Вычислительные комплексы



Микропроцессоры, модули, компьютеры

МП «Эльбрус-2С+» и «Эльбрус-4С», КПИ

МП Эльбрус-2С+:

- Технология – 90 нм, 10 слоев металла
- Тактовая частота – 500 МГц
- Рассеиваемая мощность – 25 Вт
- Состав микросхемы
 - 2 ядра с архитектурой «Эльбрус»,
 - 4 ядра ДСП с архитектурой Мультикор
- Суммарная производительность 28 Gflops 32-разрядных:
 - 2-х ядер «Эльбрус» - 16 Gflops,
 - 4-х ядер ДСП - 12 Gflops
- Размер кристалла - 17,2x16,8 мм
- Год выпуска 2011



КПИ:

- Технология – 0.13 мкм, 9 слоев металла
- Тактовая частота – 250 Мгц
- Рассеиваемая мощность – 5 Вт
- Реализует 14 широко распространенных интерфейсов, в том числе:
 - системный, PCI Express, PCI, Ethernet (10/100/1000), SATA(связь сисками), USB 2.0, RS 232/485 и др.
- Размер кристалла – 10,6x10,6 мм
- Год выпуска 2010



МП Эльбрус-4С (-2S):

- 4 универсальных ядра МП Эльбрус
- 8 Мбайт L2 кэш
- Технологические нормы 65 нм
- Площадь 380 кв. мм
- Тактовая частота до 1 ГГц
- Рассеиваемая мощность – 45 Вт
- Производительность до 32 Gflops (до 64 Gflops 32-разрядных)
- Пропускная способность памяти 38,4 Гбайт/сек
- 4-процессорная NUMA (каналы 16 Гбайт/сек)
- Год выпуска 2013



Встраиваемый сервер 3U/1U



Сервер на базе процессоров Эльбрус-4С

- 4 процессора Эльбрус-4С (4 ядра, 800 МГц), 16 ядер производительностью 200 GFLOPs , 2 моста КПИ для связи с периферией
- Оперативная память: 60 Гбайт, DIMM DDR3
- Интерфейсы: SATA 2.0 – 8 каналов, Gigabit Ethernet – 2 канала, PCI Express 1.0 x8 – 2 слота, PCI – 2 слота, USB – 6 слотов
- Высота корпуса 3U / 2U, в 2015 г. – 1U

Для стоечного кластера 13,8 TFLOPs

Вычислительная система класса СуперЭВМ

- Процессоры: Эльбрус-4С
- Евромеханический шкаф 47 U – 1шт;
- Количество процессорных модулей - 64
- Количество процессоров - 256
- Объем ОЗУ – 6 Тбайт
- Объем дисковой памяти – 32 Тбайт
- Система охлаждения - воздушная
- Потребляемая мощность – 20 кВт
- Производительность – 6,8 Тфлопс



АРМы на базе МП «Эльбрус»

Моноблок КМ4-Эльбрус

- Экран 21" 1920*1080
- Видеокарта 2D/3D*
- Диски: SATA 3.5" + DVD
- Полный набор интерфейсов (USB 2.0, WiFi, Bluetooth, DVI, Gigabit Ethernet, камера, микрофон)
- Размер 535x415x55(mm)



ВК Монокуб-РС



Возможность выпуска 50 тыс. в год

Ноутбук (носимый терминал) НТ-Эльбрус

- Экран 14" 1366*768
- Видеокарта 2D/3D*
- Диски: SATA 2.5" + DVD
- Полный набор интерфейсов (USB 2.0, WiFi, Bluetooth, GPS+Glonass, DVI, Gigabit Ethernet, камера, микрофон)
- Размер 341x240x32(mm)
- Стандартный аккумулятор и блок питания

Однопроцессорный модуль на базе процессора Эльбрус-4С



Аппаратно-программные средства

Глубокая аппаратно-программная интеграция МП линии Эльбрус

- Архитектура предоставляет
 - параллельные ресурсы в виде широкой команды
 - до 25 скалярных операций за такт на ядро
 - до 12 Flops (24 упакованных 32-разрядных) за такт на ядро
 - в Эльбрус-16С - удваивается
 - многоядерность
 - многопроцессорность
 - большой регистровый файл
 - средства поддержки оптимизаций
 - средства поддержки совместимости
 - средства поддержки защищенного исполнения
- Компиляторы и операционная система обеспечивают
 - автоматическое **распараллеливание** программ на уровне операций (в том числе упакованных), потоков управления, процессов
 - **эффективную совместимость с Intel x86-64** на базе системы динамической двоичной компиляции
 - реализацию языков и систем программирования для **защищенного исполнения** программ при поддержке ОС

Сохраняется универсальность МП – широкий диапазон применения
Обеспечивается высокая эффективность использования оборудования

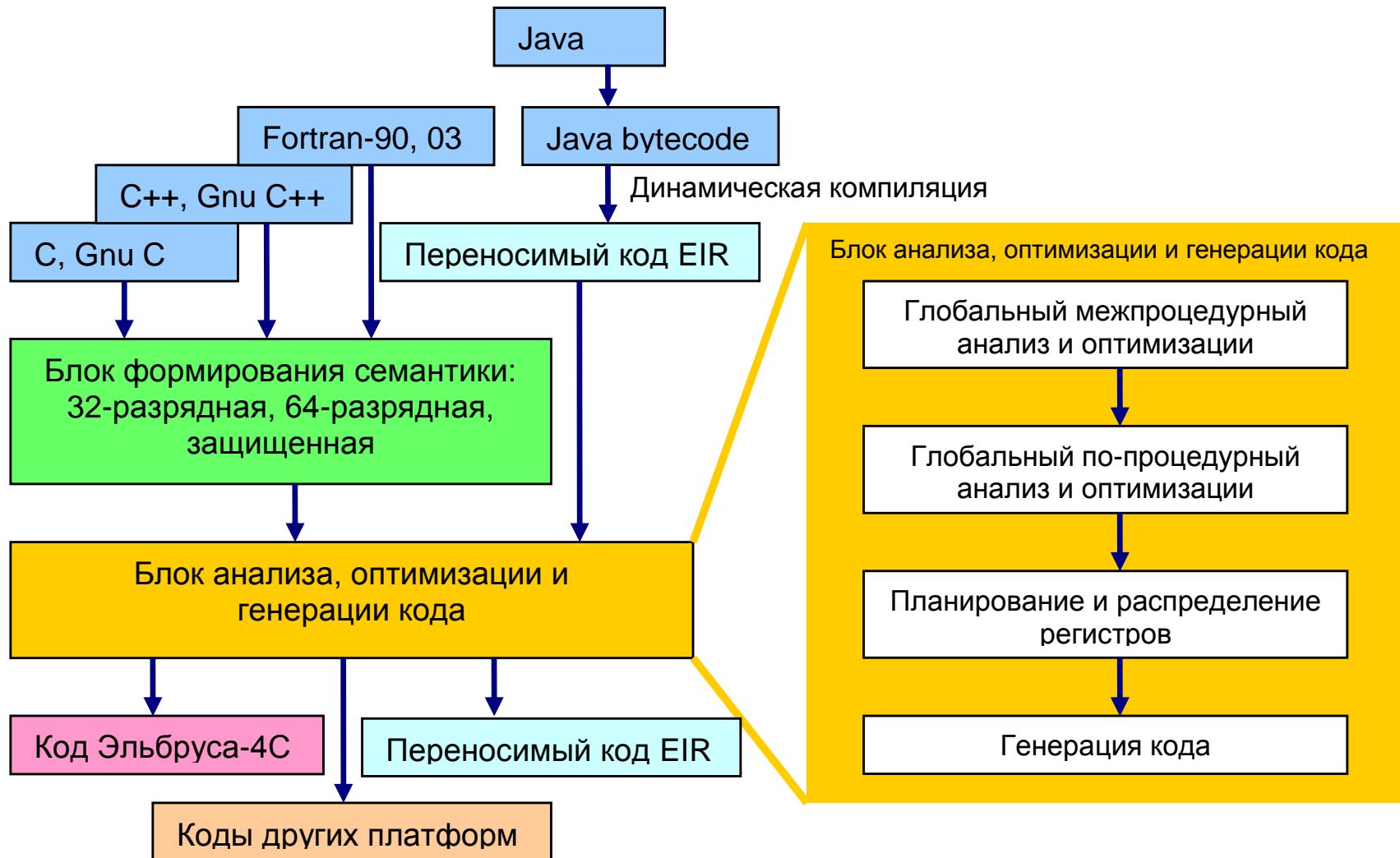
Средства программирования в системе Эльбрус

- Современные средства разработки программ
 - Оптимизирующие компиляторы с языков С, С++, Фортран, средства сборки, отладки, профилирования, библиотеки
- Средства поддержки пользовательского интерфейса
 - Утилиты, сервисы, библиотеки общего назначения
 - Графическая подсистема, работа с сетью, редакторы текстов, работа с периферийными устройствами
- Система программирования на языке **Джава**
- Возможность использования свободного ПО
 - совместимость с Гну-компиляторами
- Высокопроизводительные **математические** и мультимедийные библиотеки
 - Линейная алгебра, обработка сигналов, обработка изображений, аудио и видео кодеки, графика
- Средства и библиотеки для распараллеливания
 - Библиотека MPI, расширения OpenMP, автоматическое распараллеливание



Быстрый перенос программ из-под Windows на платформу Эльбрус
• ОС Эльбрус (**Linux**), компиляторы с Фортрана и С/С++, библиотека MPI

Оптимизирующий компилятор



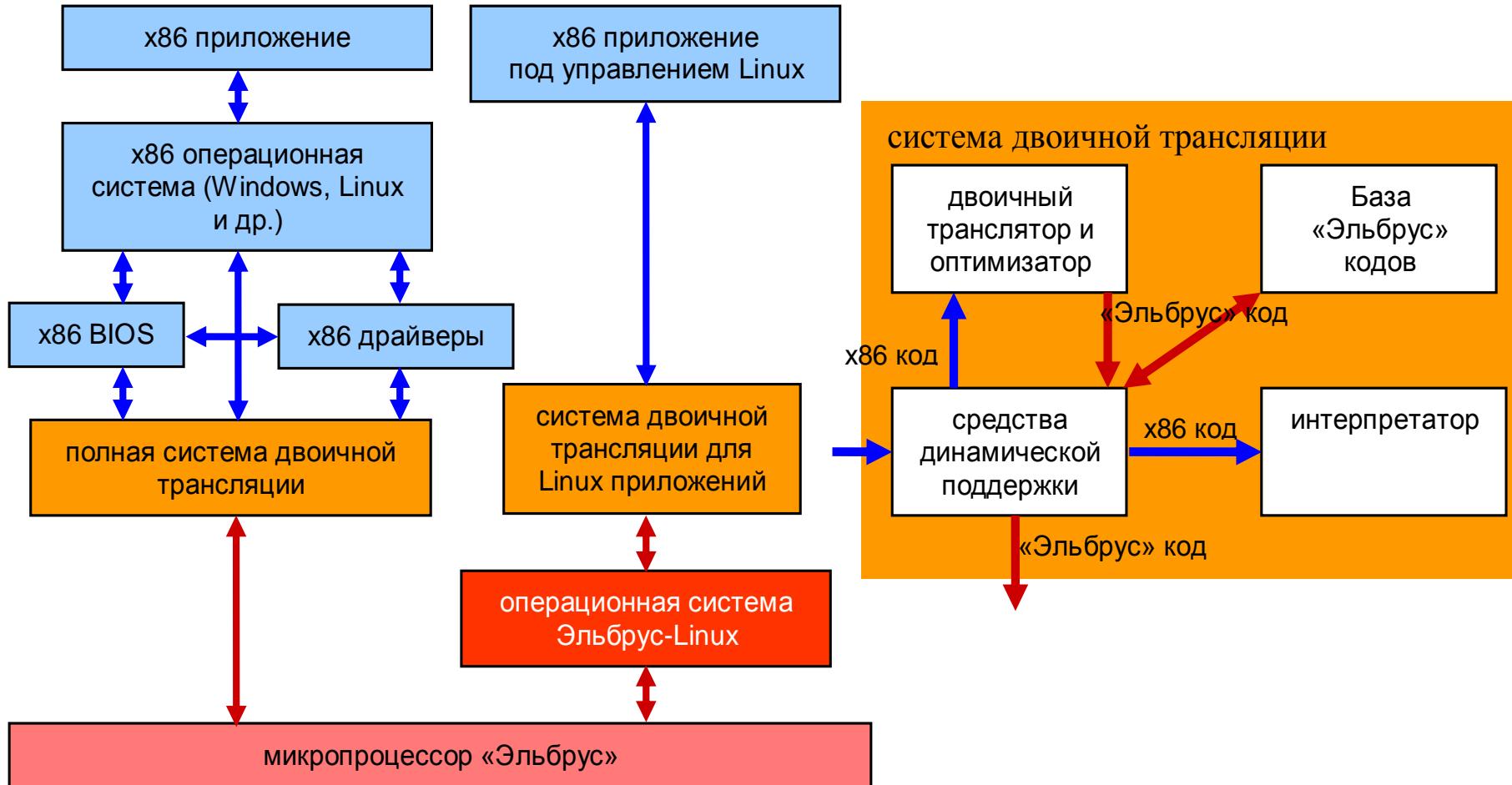
Операционная система Эльбрус

- Собственная программа начальной загрузки (BIOS)
- Ядро базируется на ОС Linux
- Комплекс средств защиты от НСД сертифицирован по 2-му классу, реализует 2-й уровень контроля отсутствия НДВ, ПМДЗ «Эшелон-Э»
- Обеспечивает работу в режиме реального времени
- Поддерживает
 - систему совместимости для приложений в кодах Intel x86
 - эффективное защищенное исполнение программ
- СУБД (PostgreSQL, SQLite, Линтер)
 - Встроенные средства защиты
 - Планируется сетевая файловая система LUSTRE
- Средства работы в сети
 - Встроенные средства защиты



Использование динамической компиляции и оптимизации

Совместимость на базе динамической компиляции

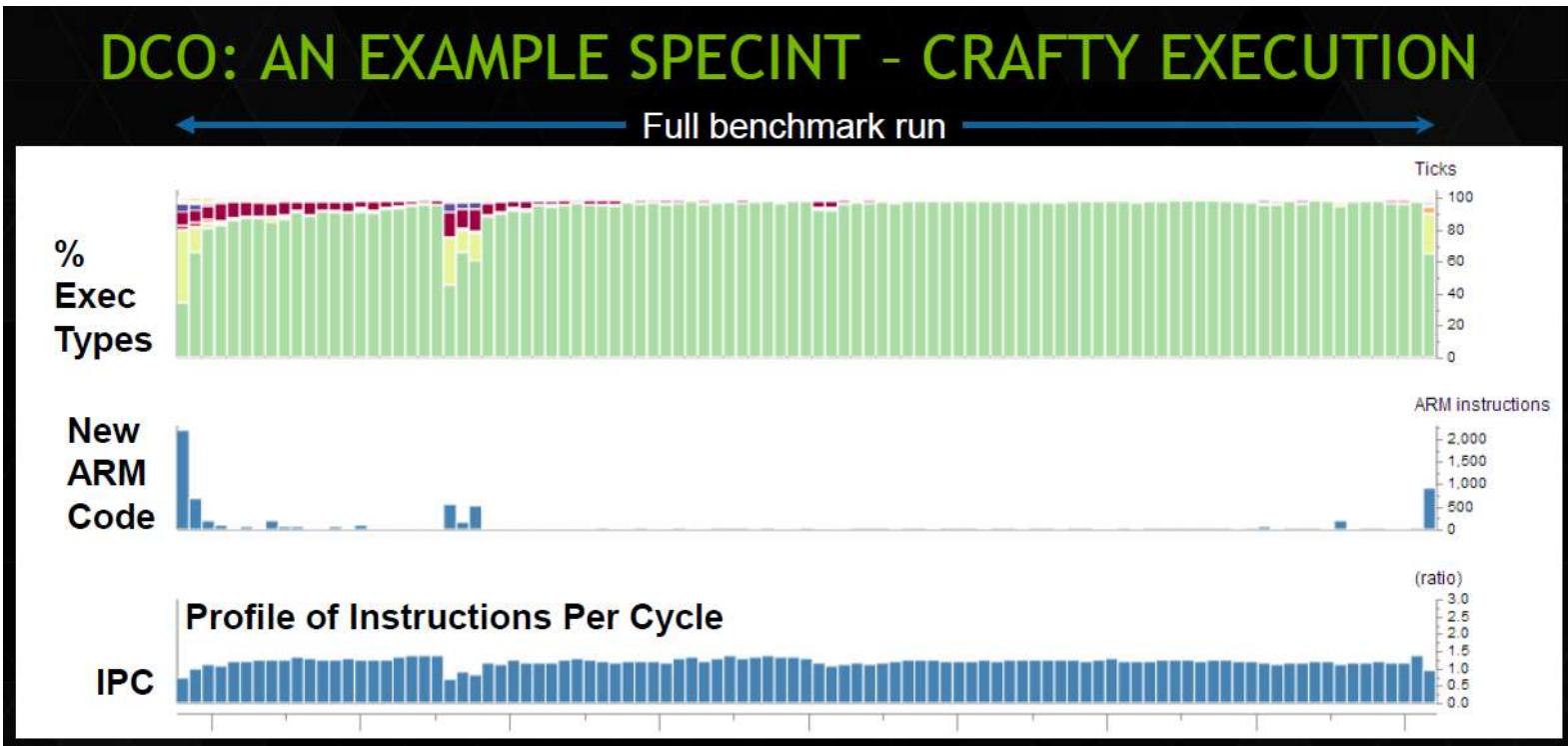


Обеспечивает эффективную совместимость за счет использования параллелизма и аппаратной поддержки

Детали системы двоичной компиляции

- Использует несколько уровней оптимизации кодов
 - Простейшая шаблонная, быстрая, код не оптимальный
 - Самый высокий уровень использует все параллельные возможности архитектуры «Эльбрус»
 - Эффективно исполняются многопоточные приложения с соблюдением моделей памяти
 - Обеспечивается реализация точных и асинхронных прерываний
- Использует параллельные ядра для динамической компиляции и оптимизации на фоне исполнения
- Сохраняет хорошо оптимизированные коды в специальной базе кодов
 - При повторном исполнении сразу исполняет оптимизированный код
- Обладает хорошими адаптивными свойствами
 - Перекомпилирует регионы с динамическими событиями, негативно влияющими на производительность
 - Может использоваться для поддержки виртуализации

Процессор Denver от Nvidia



- 64-разрядный энергоэффективный с архитектурой ARM v8
- Выполняет прямое исполнение с аппаратной перекодировкой в микрокод
- Динамически компилирует «горячий» код в параллельный микрокод
- Время компиляции и работа неоптимизированного кода составляют 3% от времени исполнения программы
- На вещественных задачах быстрее МП Haswell от Intel

Эффективная двоичная совместимость с Intel x86, x86-64

- Функциональность
 - Полная совместимость с архитектурой Intel x86 (x86-64 с МП «Эльбрус-4С»)
 - Прямое исполнение **20+** операционных систем, в том числе: MSDOS, Windows XP, Linux, QNX
 - Прямое исполнение **1000+** самых популярных приложений, включая **многопоточные**
 - Исполнение приложений под ОС «Эльбрус» (Linux)
- Производительность – **80%** от нативной
 - Достигается за счет скрытой **системы оптимизирующей двоичной трансляции**
 - Мощная аппаратная поддержка в МП «Эльбрус»
- Лицензионная независимость от Intel



Подтвердила свою эффективность при переносе систем на C# и Java
- Windows, язык C#, все в кодах Intel успешно работает на платформе Эльбрус

Другие примеры использования динамической компиляции

- Поддержка OpenCL и OpenGL
 - Сохранение программы в виде промежуточного представления EIR
 - Разработано до появления получившего широкое распространение представления LLVM
 - Используется для оптимизации под конкретные модели процессоров
 - Возможность работы с представлением и библиотекой LLVM
 - Позволила динамически оптимизировать шейдеры OpenGL и ускорить его работу в 3 раза
- Динамическая оптимизация байткода Джавы в OpenJDK
 - За счет использования оптимизации удалось поднять производительность в 2 раза
 - За счет более полного использования аппаратных возможностей сохраняется еще 2-кратный запас производительности

Технология защищенного исполнения программ

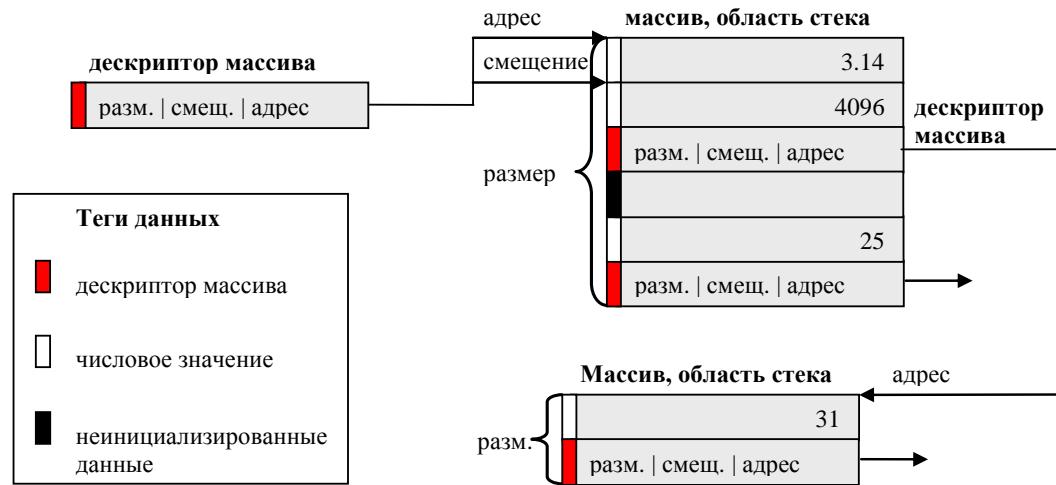
Защищенное исполнение программ в архитектуре «Эльбрус»

Что обеспечивает

- Защиту от компьютерных вирусов
- Фундаментальные средства борьбы с любыми уязвимостями из-за ошибок в программах
- Локализацию сложных программных ошибок без потери эффективности
- Эффективное исполнение благодаря параллельному аппаратному контролю
 - Операции не замедляются
- Возможность создания надежных и безопасных программ большими коллективами в сжатые сроки

Защита памяти с помощью тегов

- структурированная память
- доступ к объектам через дескрипторы
- контекстная защита по языковым областям видимости



Основные типы обнаруживаемых ошибок:

- нарушение границ объекта (переполнение буфера)
- использование неинициализированных данных
- использование опасных конструкций языка или опасных отклонений от стандартов языков

Технология CRUSH-SAFE

- Проект поддерживается агентством DARPA
- Основная цель – создание надежных вычислительных систем
- Используется система защиты памяти с помощью метаданных, хранящихся в тегах
 - Доступ к данным через дескрипторы
 - Динамический контроль типов
- Ориентируется на использование новых языков программирования
- Требует создания новой децентрализованной операционной системы
- Предлагает для этого новую аппаратную архитектуру
 - Опирается на постулат, что для достижения надежности можно пожертвовать производительностью
- Применяет методы формального доказательства правильности работы программы

Развитие микропроцессоров линии «Эльбрус»

Развитие аппаратной части «Эльбрус»

МП Эльбрус-8С

- 8 ядер «Эльбрус»
 - число операций за такт – **12 (24 sp) Flops**
- Частота **1,3 ГГц**
- Производительность **125 (250 sp) Gflops**
- Технологический процесс **28 нм**
- Площадь кристалла **350 кв. мм**
- L2 Cache – **512 КВ** на ядро
- L3 Cache – **16 MB, shared**
- **Первый чип – окт. 2014**
- **Год выпуска 2015**



КПИ-2

- технология **65 нм**
- канал обмена с процессором **16 Гбайт/с**
- важнейшие интерфейсы
PCI Express 8+8+4 линий,
Gigabit Ethernet – 3 порта,
SATA 3.0 – 8 портов,
USB 2.0 – 8 портов
- контроллер
энергосбережения SPMC
- контроллер прерываний
- **Первый чип изготовлен в октябре 2014**
- **Год выпуска 2015**

МП Эльбрус-16С

- 8-16 ядер «Эльбрус»
 - число операций за такт – **24 (28 sp) Flops**
- Частота **1,5 ГГц**
- Производительность выше **280 (550 sp) Gflops**
- Технологический процесс **28 нм**
- Площадь кристалла **400 кв. мм**
- L2 Cache – **512 КВ** на ядро
- L3 Cache – **16 MB, shared**
- **Год выпуска 2018**

МП Эль-16

Рост вычислительной мощности МП линии «Эльбрус»

Эльбрус-2С+
500 МГц, 2+4
я
2*DDR2-800
16+12 Гфлопс
25Вт
90 нм

2 года
3x

Эльбрус-4С
800 МГц, 4Я
3*DDR3-1600
50-60 Гфлопс
45...60 Вт
65 нм

2 года
4-5x

Эльбрус-8С
1300 МГц, 8Я
4*DDR3-1600
250 Гфлопс
~60...90 Вт
28 нм

2011



2013

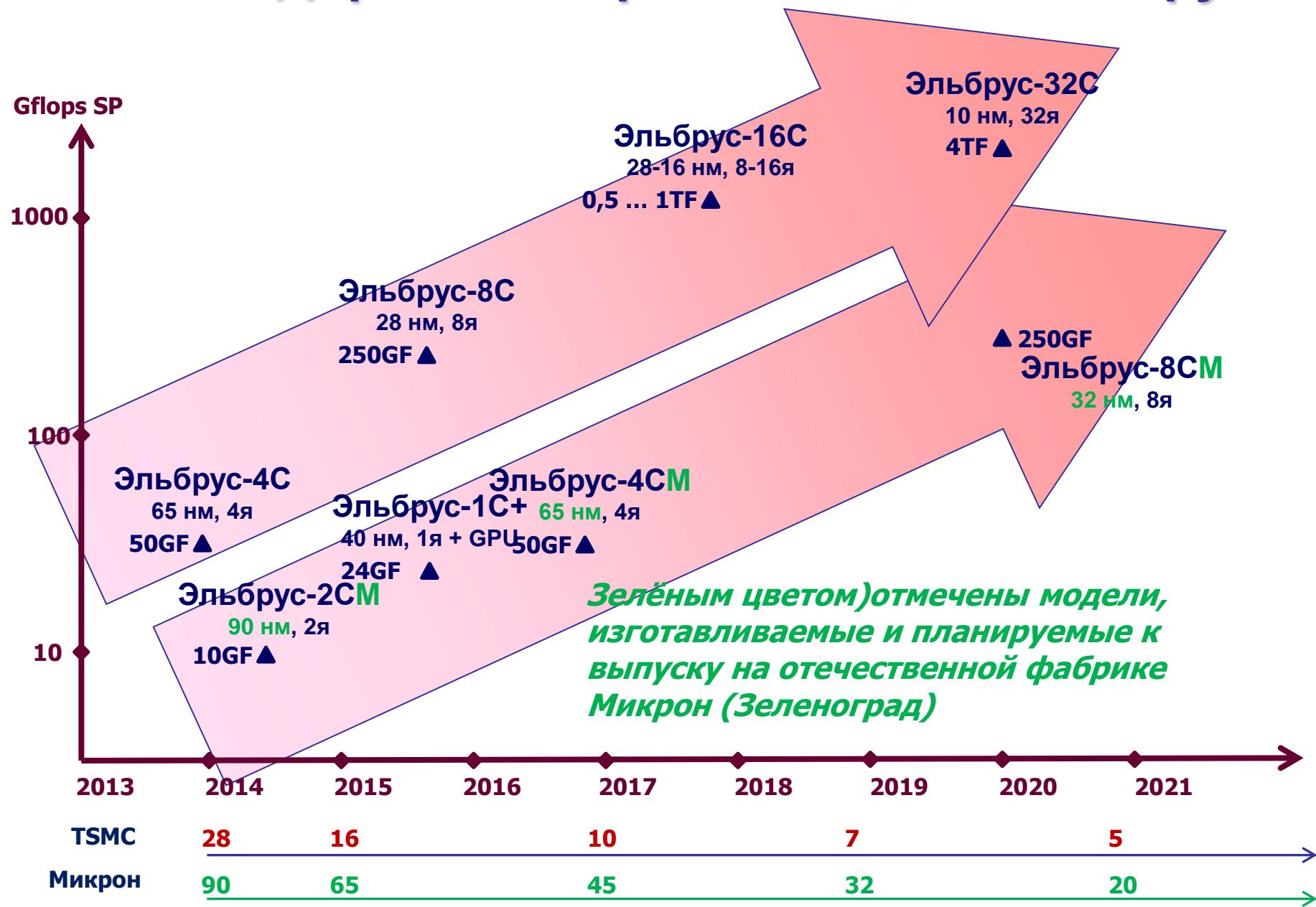


2015



В 2018 г. производительность МП Эльбрус-16С увеличится еще в 2,5 раза

Дорожная карта МП линии «Эльбрус»



СПАСИБО за внимание!