

# История и Тенденция развития персонального компьютера

Учебный год – 2023

Теория к практической работе №3

«Основные тенденции развития компьютерных технологий. Параллельные вычисления.

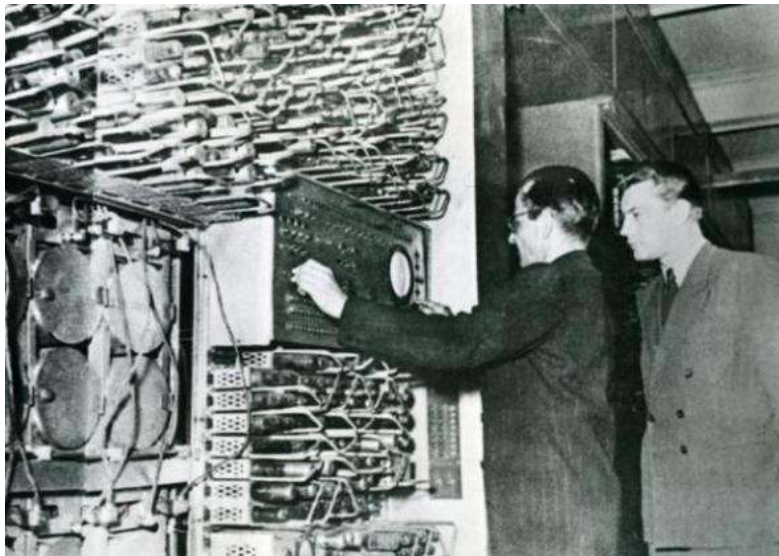
Многопроцессорные системы. Суперкомпьютеры.

Микроконтроллеры. Роботизированные производства»

Преподаватель:  
**Соломатин Б.Н.**

# Первое поколение ЭВМ

В период 1945 – 1954гг. ЭВМ создавались на основе вакуумных электроламп, машина управлялась с пульта и перфокарт с использованием машинных кодов.

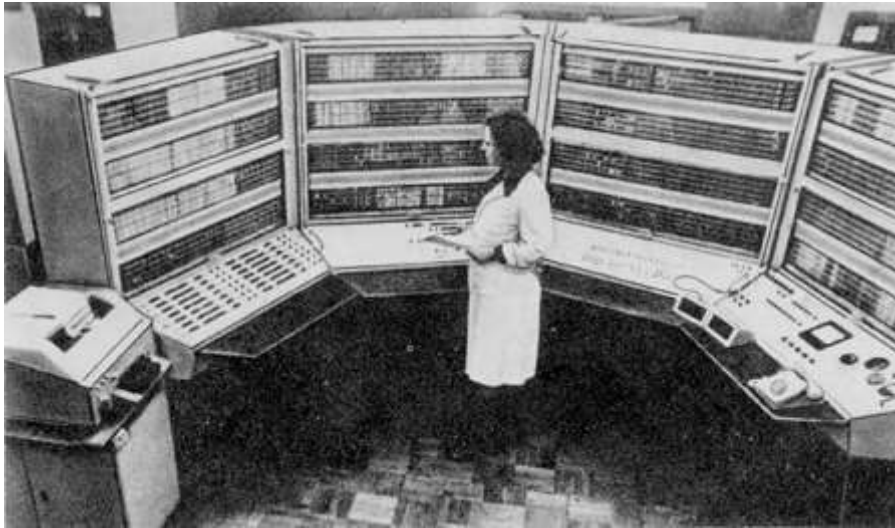


[БЭСМ-1](#)



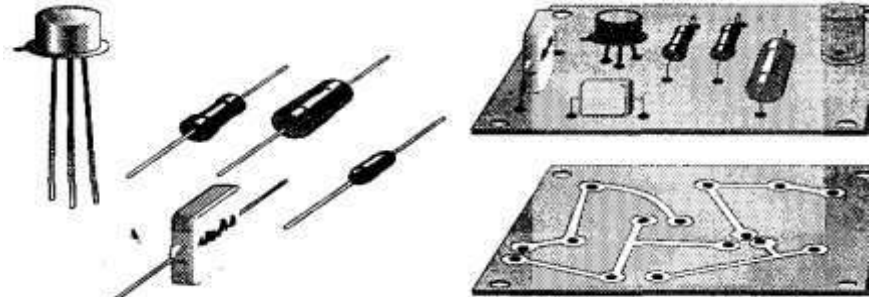
# Второе поколение

В период 1955 – 1964гг. принцип работы ЭВМ основан на транзисторных элементах.



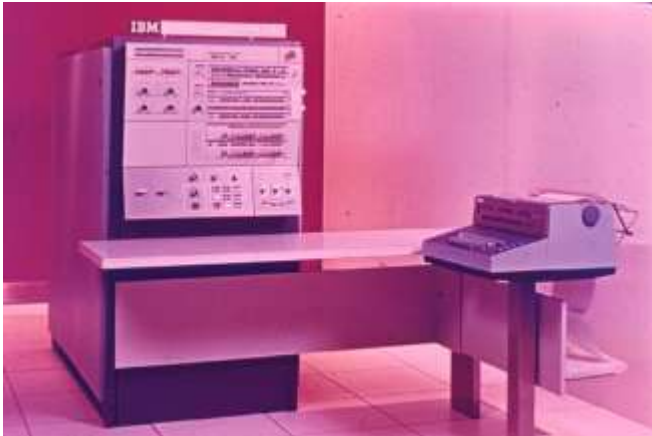
БЭСМ-6

[Подробнее...](#)

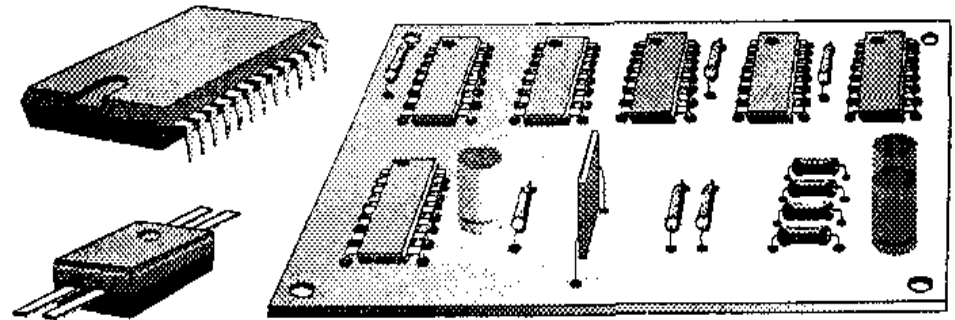


# Третье поколение ЭВМ

В период 1965 – 1970гг. основным элементом были интегральные схемы



[IBM-360](#)



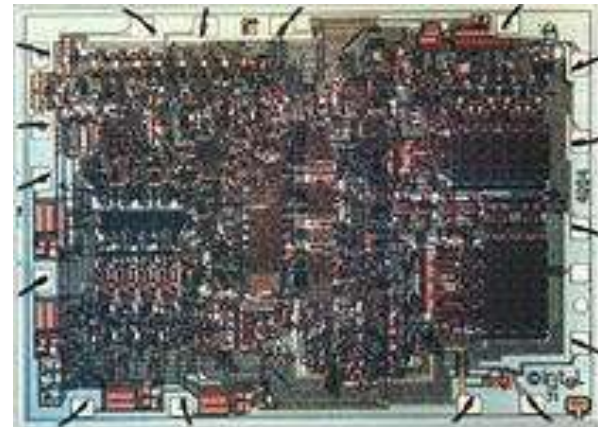
# Четвертое поколение ЭВМ

Поколение 1970-1984гг. связано с развитием микропроцессорной техники.

Вид без корпуса:



Intel-4004



[Первый микро процессор](#)

# Характеристика ЭВМ различных поколений

<b>Характеристика</b>	<b>Первое поколение</b>	<b>Второе поколение</b>	<b>Третье поколение</b>	<b>Четвертое поколение</b>
<b>Годы применения</b>	<b>1946-1960</b>	<b>1960-1964</b>	<b>1964-1970</b>	<b>1970-1984</b>
<b>Основной элемент</b>	<b>Электронная лампа</b>	<b>Транзистор</b>	<b>Интегральная схема (ИС)</b>	<b>Большая ИС (БИС)</b>
<b>Быстродействие</b>	<b>1000 оп/сек</b>	<b>100000 оп/сек</b>	<b>10000000 оп/сек</b>	<b><math>10^{10}</math> оп/сек</b>
<b>Носитель информации</b>	<b>Перфокарты</b>	<b>Магнитные ленты</b>	<b>Магнитные диски</b>	<b>ГМД, CD, DVD, флеш</b>

[Рост производительности компьютеров](#)

# ЭВМ пятого поколения

Понимают во многих смыслах, например

1. база для создания устройств, способных к имитации мышления;
2. описание систем облачных вычислений.

[Подробнее...](#)

# Суперкомпьютеры

специализированная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам и скорости вычислений большинство существующих в мире компьютеров





# Области применения суперкомпьютеров

**Математические проблемы:** криптография, статистика;

**Физика высоких энергий:** разработка и совершенствование атомного и термоядерного оружия, управление ядерным арсеналом, моделирование ядерных испытаний;

**Наука о Земле:** прогноз погоды, состояния морей и океанов, предсказание климатических изменений и их последствий;

**Вычислительная биология:** фолдинг белка, расшифровка ДНК и т.д.

[подробнее](#)

# Суперкомпьютеры

Запуск в **NUDT** (National University of Defense Technology, Changsha, Китай) суперкомпьютер **Tianhe-2** с производительностью 54,9 пертафлоп/с. Его изготовление обошлось в 290 млн. долларов. При его разработке использовано 32,000 многоядерных процессоров Intel Xeon (3120000 ядер).



# Суперкомпьютеры

Суперкомпьютер «Ломоносов» — построен компанией «Т-Платформы» для МГУ им. М.В. Ломоносова.

Занимает 31 м  
ТОР500, произ  
- 1,849 петафло



# Эволюция технологии памяти современных серверов и суперкомпьютеров в 2008-2018гг



# Квантовый компьютер

Вычислительное устройство, работающее на основе квантовой механики.

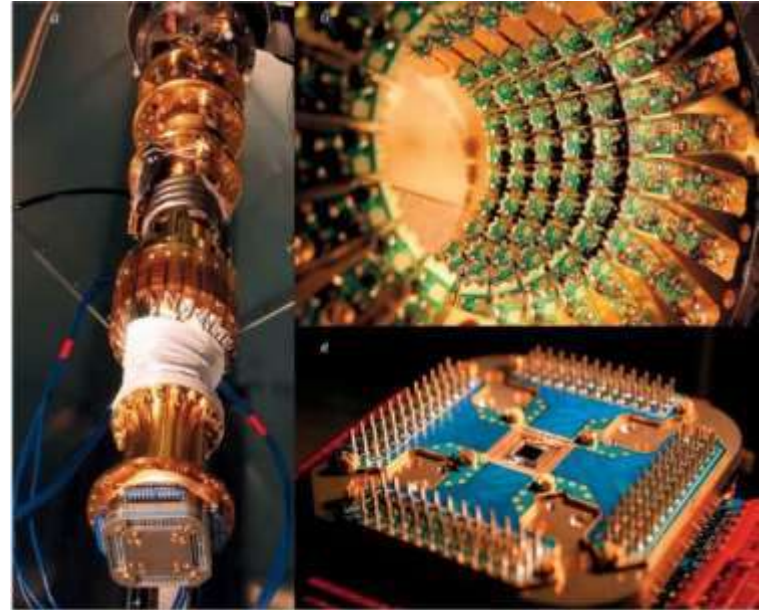
Квантовый компьютер принципиально отличается от классических компьютеров, работающих на основе классической механики.

# Квантовый компьютер

11 мая 2011 года представлен компьютер D-Wave One, созданный на базе 128-кубитного процессора.

Компьютер размещается в криостате при температуре порядка 10 милли Кельвинов.

Компьютер занимает площадь 10 кв. метров. Он умеет распознавать фотографии известных достопримечательностей.



# Квантовый компьютер



Квантовый процессор  
D-wave



Квантовый компьютер

# Параллельные вычисления

- процессы решения задач, в которых в один и тот же момент времени могут выполняться одновременно несколько вычислительных операций.

Параллельные вычисления составляют основу суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных расчетов



# Необходимость параллельных вычислений

- Теоретическая ограниченность роста производительности последовательных компьютеров
- Резкое снижение стоимости многопроцессорных (*параллельных*) вычислительных систем
  - ПК на базе четырехядерного процессора Intel Core 2 Quad – 20 GFlops (\$1500),
  - Персональный мини-кластер T-Edge Mini на базе четырехядерных процессоров Intel Xeon – 240 GFlops (\$20000)
- Смена парадигмы построения высокопроизводительных процессоров - *многоядерность*

# Значимость параллельных вычислений

- **Невозможность натуральных экспериментов:** изучение процессов при ядерном взрыве или серьезных воздействий на природу
- **Изучение влияния экстремальных условий** (температур, магнитных полей, радиации и др.) — старение материалов, безопасность конструкций, боевое применение
- **Науки о жизни** — изучение генома человека, разработка новых лекарственных препаратов и т.п.
- **Науки о Земле** — обработка геоинформации: полезные ископаемые; селевая, сейсмическая и т.п. безопасность, прогнозы погоды, модели изменения климата...
- **Моделирование при разработке новых технических устройств** — инженерные расчеты

# Пример параллельных вычислительных систем

## Кластеры. Вычислительный кластер ННГУ

2007, Модернизация в рамках Инновационной образовательной программы ННГУ:

- 64 вычислительных сервера, каждый из которых имеет 2 двухядерных процессора Intel Core Duo 2,66 GHz, 4 GB RAM, 100 GB HDD, 1 Gbit Ethernet card,
- пиковая производительность ~3 Tflops
- операционная система Microsoft Windows.

[Подробнее](#)

[Распределённые вычисления](#)



# Поколения мобильной телефонии

Мобильная связь — это радиосвязь между абонентами, местоположение одного или нескольких из которых меняется. Одним из видов мобильной связи является сотовая связь.



[подробнее о поколениях сетей](#)

# Умный дом –

жилой дом современного типа, организованный для проживания людей при помощи автоматизации и высокотехнологичных устройств.

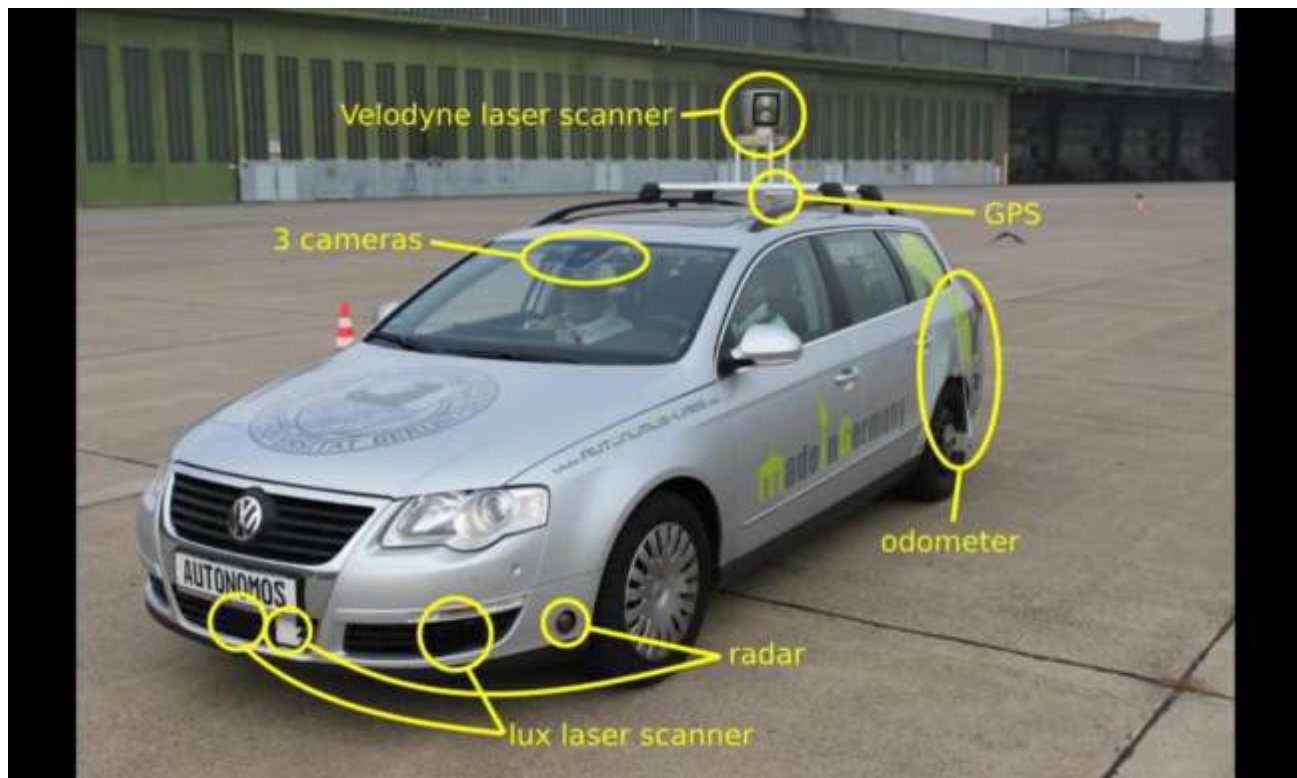


Это комфорт, безопасность и экономия электроэнергии.

[Подробнее о устройствах умного дома](#)

# Автотранспорт без водителей

Считается, что к 2040 году большинство автомобилей будут автономными (без водителя).



# Автотранспорт без водителей

Основными проблемами для массового внедрения этой технологии являются конфиденциальность, кибер безопасность и транспортная безопасность.

Для решения этой задачи нужно будет написать миллиарды строк кодов.



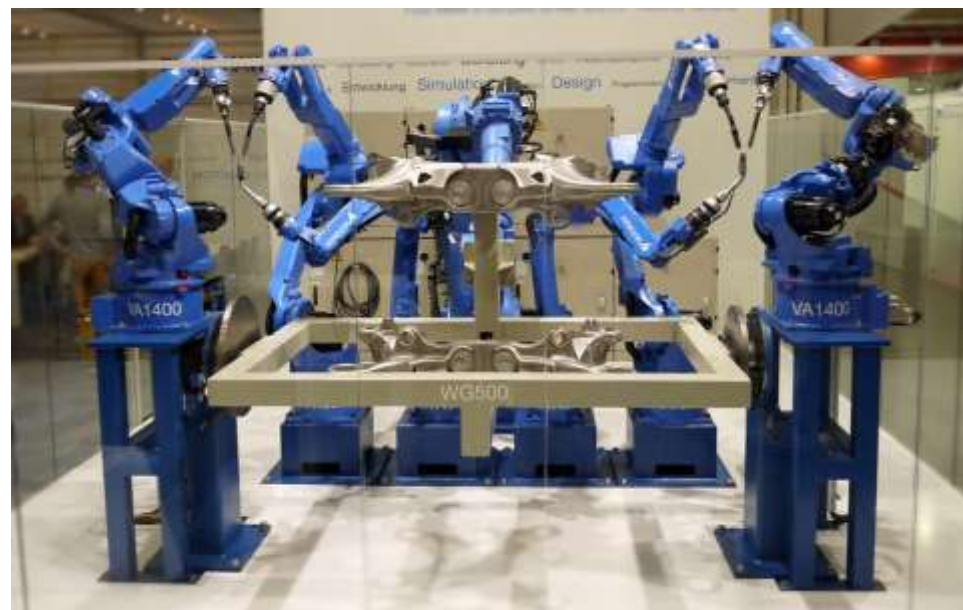
# Роботизированные производства

- основаны на широком использовании в их составе имеющих человекоподобный внешний вид и выполняющих двигательные производственные функции человека.

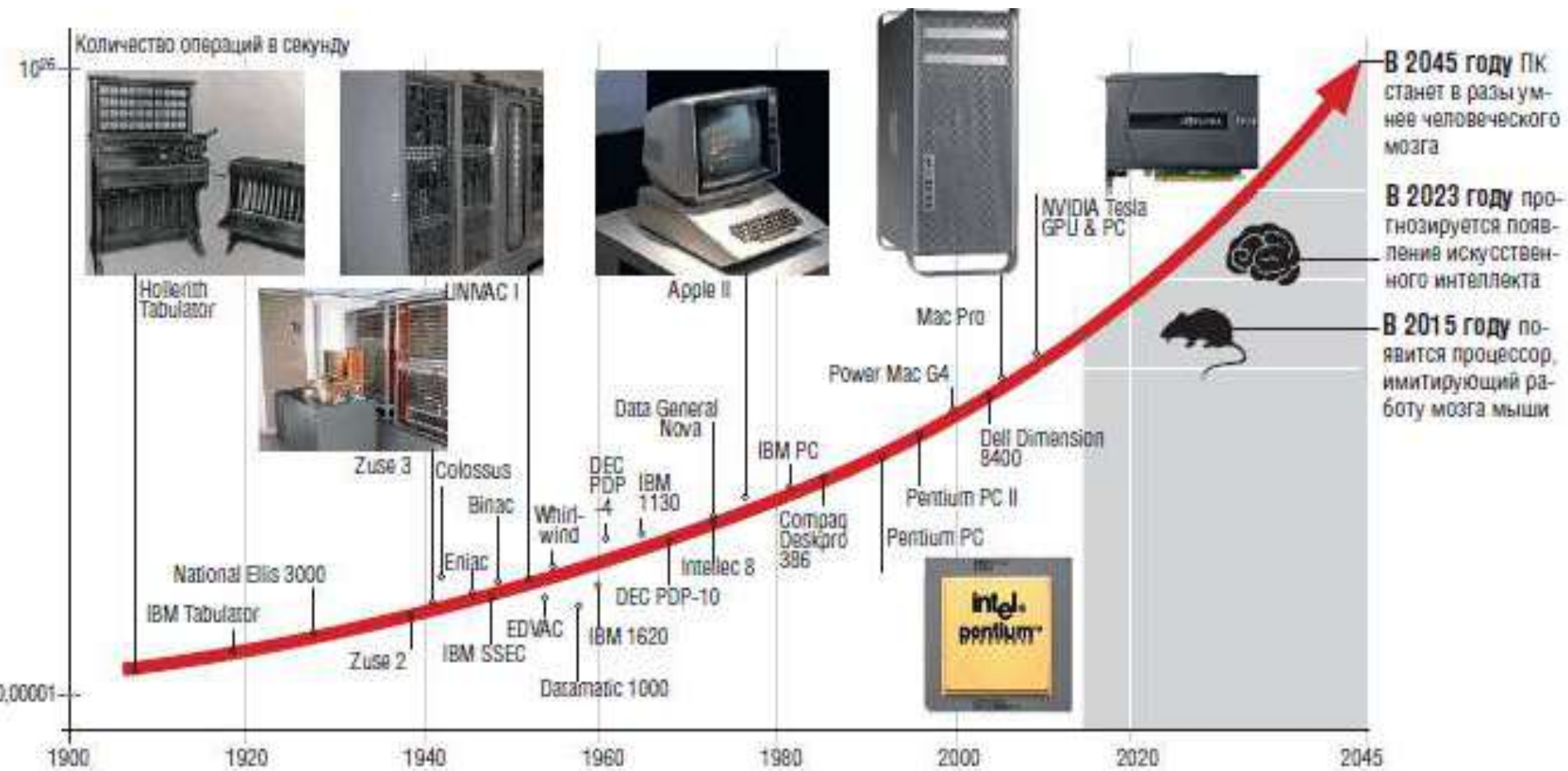


# Роботизированные производства

За счет жестко запрограммированных действий промышленных роботов удастся не только обезопасить человека от воздействия опасных и вредных факторов производства, но и существенно снизить стоимость выпускаемой продукции.



[подробнее](#)



Эволюция со временем вычислительных средств, созданных человеком

# Прогноз на 2020 год

В 2006 году было сгенерировано 161 млрд. гигабайт информации, а в 2010 году - в 6 раз больше.

Бумажные технологии замещаются цифровыми. ИТ шире используются в играх и персональном общении, а также здравоохранении, туризме, симуляции.

Ожидается, что к 2020 году память будет стоить 0,5\$ за терабайт. В год будет генерироваться в 200 раз больше данных, чем в 2008 году. В 2000 полный трафик Интернет составлял более 1 экзабайта, а в 2010 достиг 256 экзабайт, что соответствует темпу роста в 70 % в год.

[Подробнее](#)

# Параллельные вычисления

Учебный год – 2023

Теория к практической работе №3

«Основные тенденции развития компьютерных технологий. Параллельные вычисления.

Многопроцессорные системы. Суперкомпьютеры.

Микроконтроллеры. Роботизированные производства»

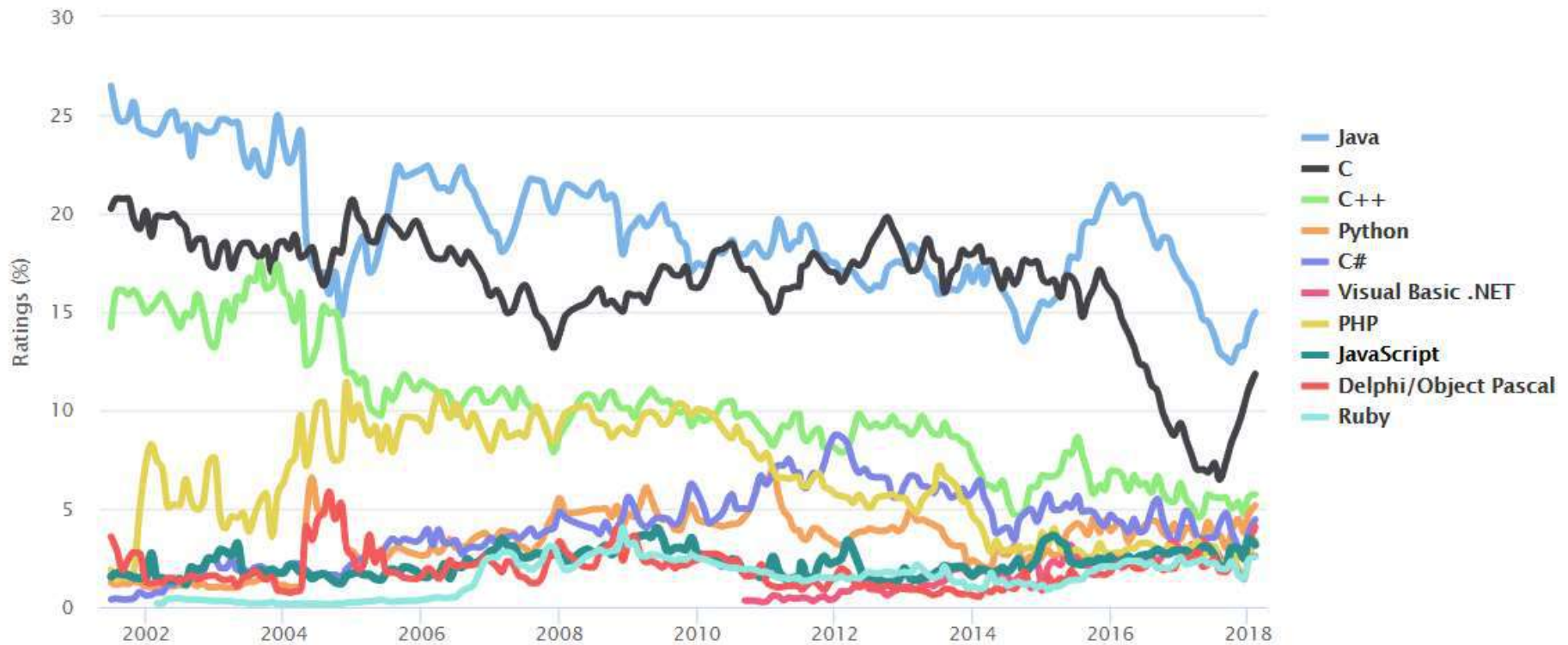
# Балльно-рейтинговая система (БАРС)

<b>Диапазон баллов</b>	<b>Оценка</b>
[0; 60)	2F
[60;67]	3E
(67;74]	3D
(74;83]	4C
(83;90]	4B
(90;100]	5A

# Почему C/C++

## TIOBE Programming Community Index

Source: [www.tiobe.com](http://www.tiobe.com)

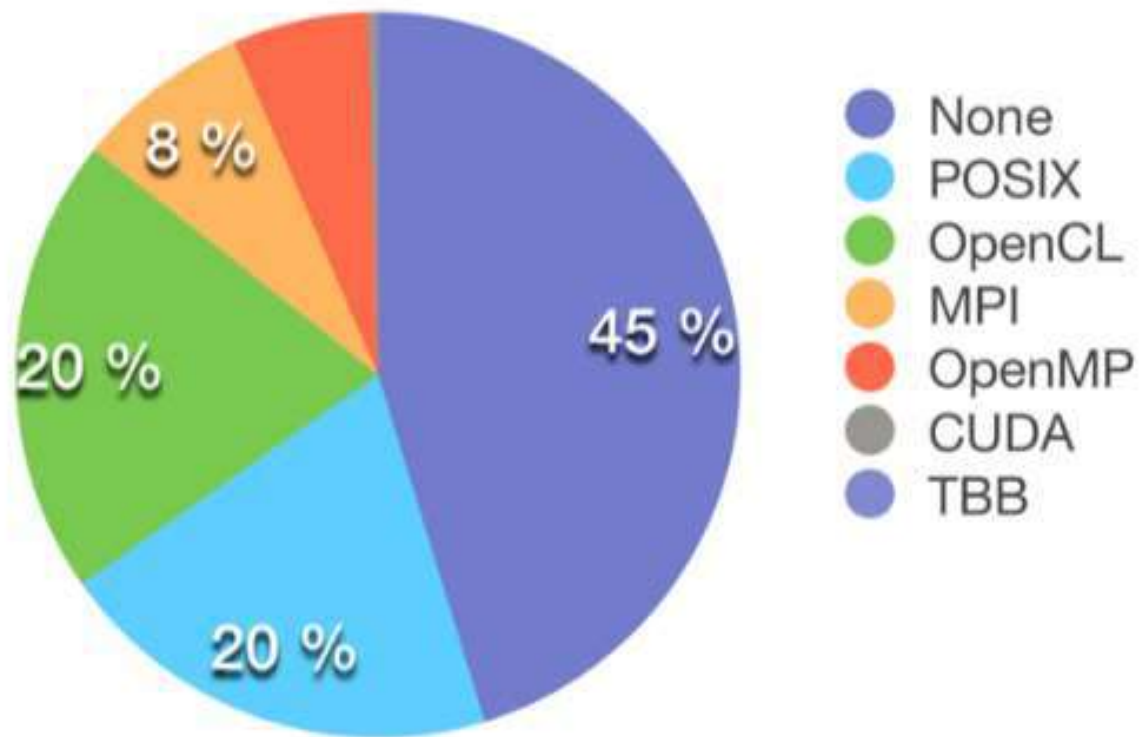


# Почему C/C++ (продолжение)

Language Rank	Types	Spectrum Ranking
1. Python	 	100.0
2. C	  	99.7
3. Java	  	99.5
4. C++	  	97.1
5. C#	  	87.7
6. R		87.7
7. JavaScript	 	85.6
8. PHP		81.2
9. Go	 	75.1
10. Swift	 	73.7

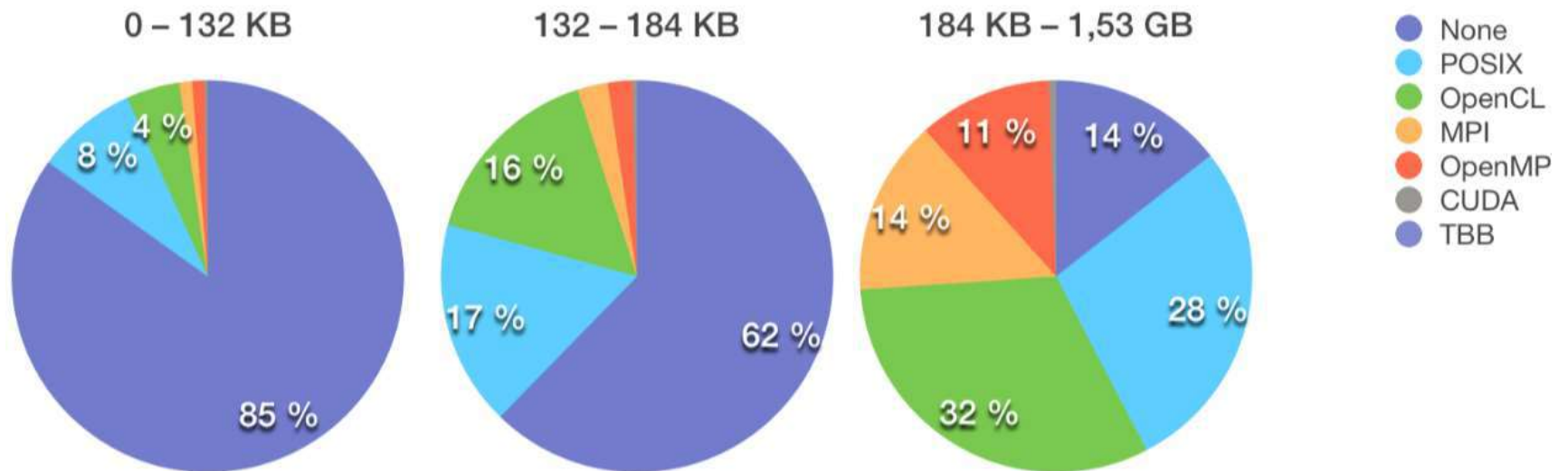
<https://spectrum.ieee.org/computing/software/the-2017-top-programming-languages>

# Выбор языка технологии параллельного программирования





# Выбор языка технологии программирования (2)



Над диаграммами указан размер репозитория

# Определения

## Параллельные вычисления –

способ организации вычислений, при котором программа представляет из себя набор взаимодействующих модулей, работающих одновременно.

**≠ конвейерная обработка (суперскалярность)**

**≠ SIMD-расширения (MMX, SSE)**

**≠ вытесняющая многозадачность**

**= многоядерное программирование**

**= распределённые вычисления**

- «За время существования вычислительной техники скорость срабатывания элементов возросла в  $10^6$  раз, а быстродействие вычислений увеличилось в  $10^9$  раз».
- «С 1986 до 2002 производительность однопроцессорных систем увеличивалась в 1.5 раза ежегодно. С 2002 – только 1.2 раза.»

# Зачем нужны параллельные вычисления

1. Для решение Problems of Grand Challenge (быстродействия существующих вычислительных систем **не хватает** > 1 Tflops) :

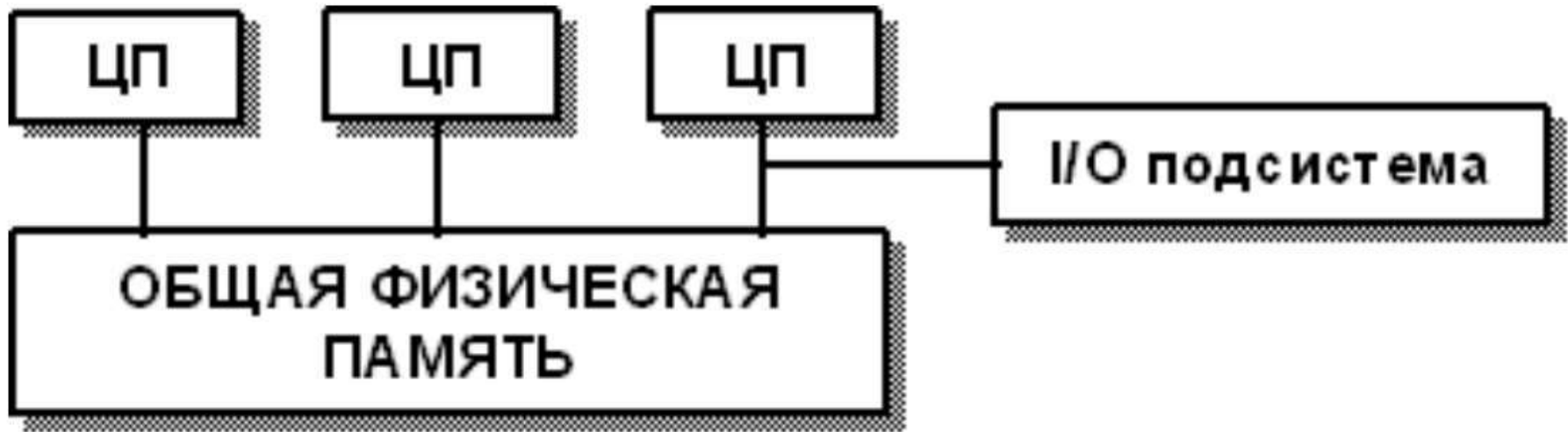
- моделирование климата;
- геновая инженерия;
- проектирование интегральных схем;
- анализ загрязнения окружающей среды;
- создание лекарственных препаратов

2. *В повседневной жизни программиста будущего (одноядерные смартфоны и ПК уже почти не продаются).*

# Классификация параллельных систем (архитектур)

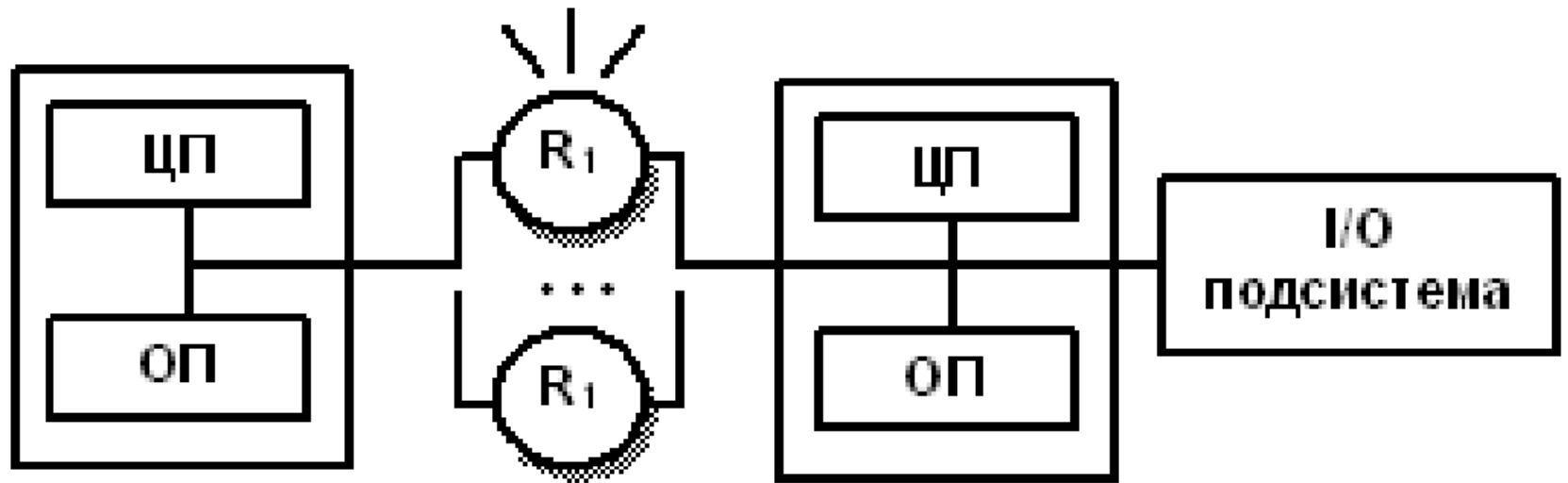
- SMP (Shared Memory Parallelism, Symmetric MultiProcessor system) – многопроцессорность, многоядерность, GPGPU.
- MPP (Massively Parallel Processing) – кластерные системы, GRID (распределенные вычисления)

# Архитектура SMP



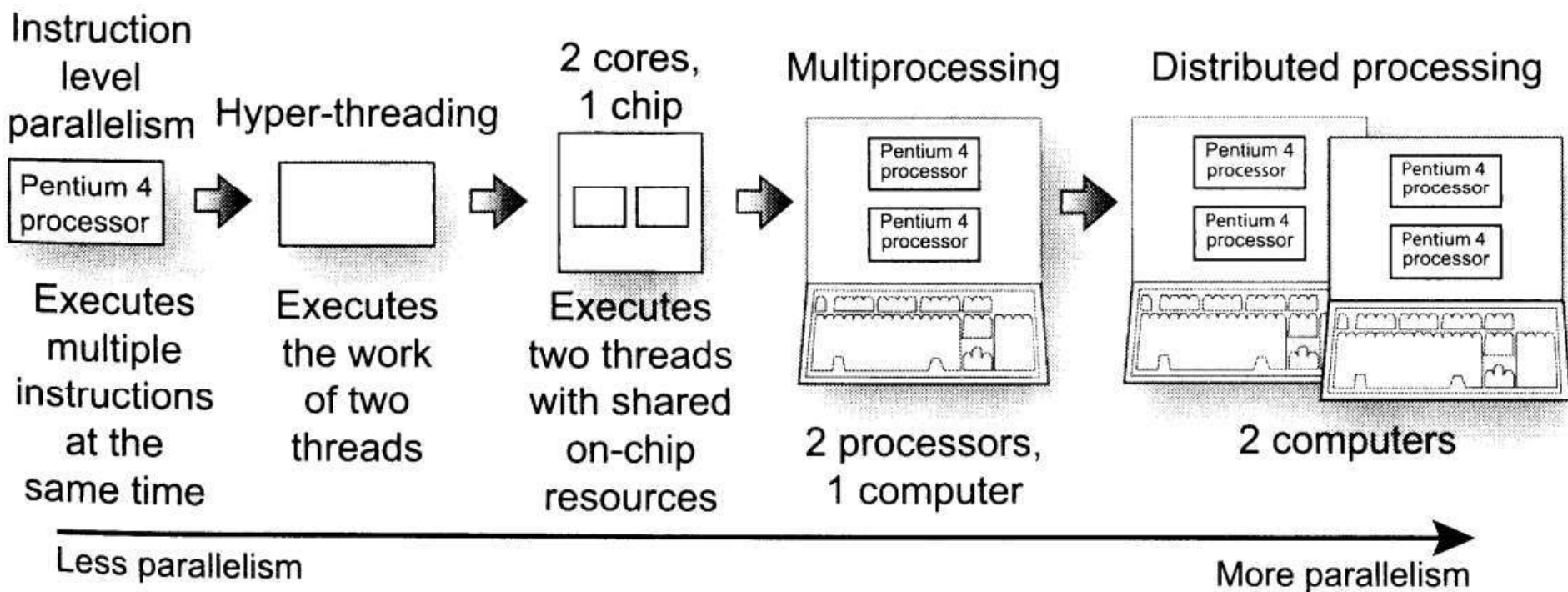
- + Высокая скорость межпроцессорного обмена.
- Плохая масштабируемость.
- + Простота и дешевизна разработки ПО.

# Архитектура MPP



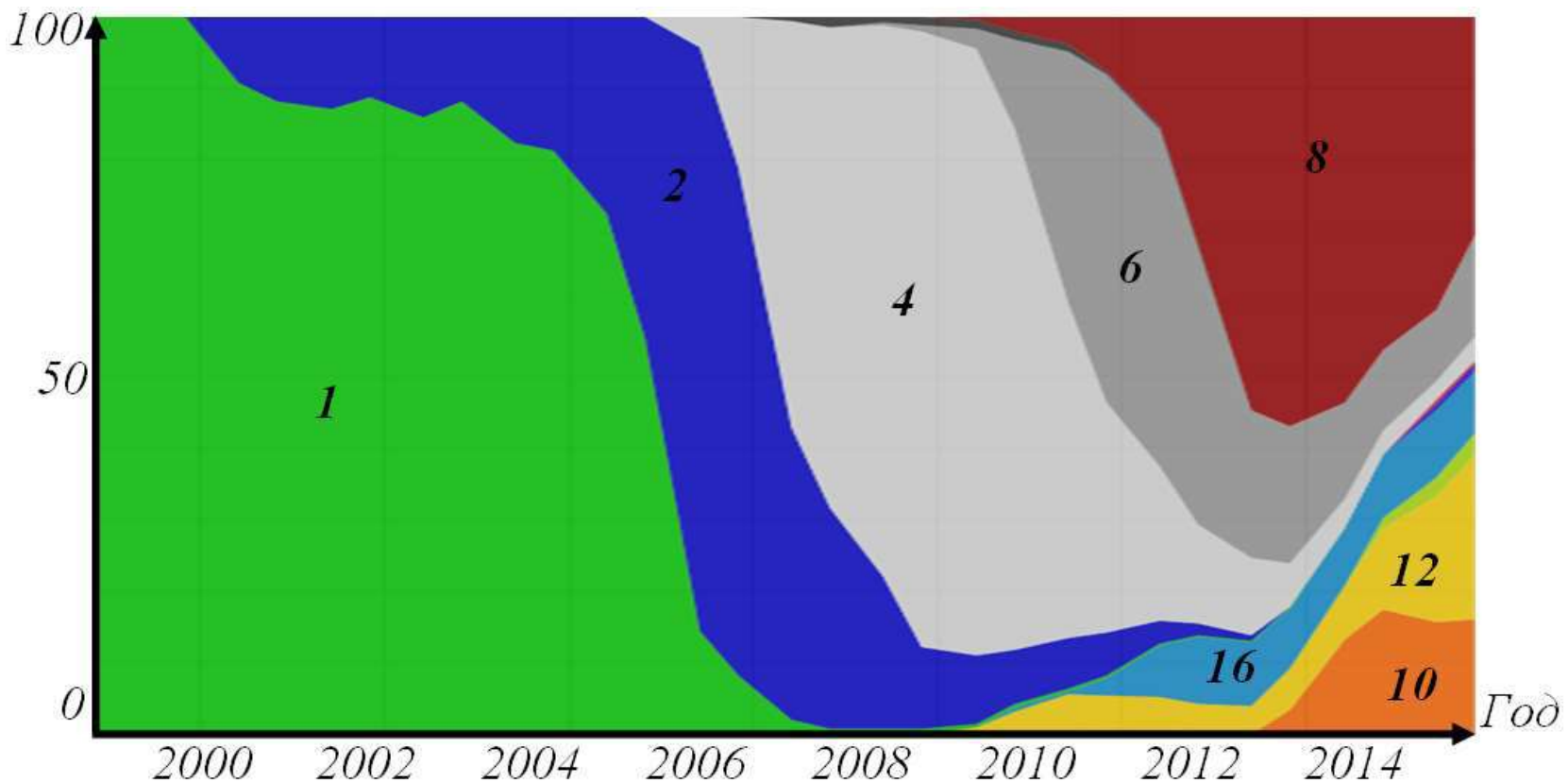
- + Хорошая масштабируемость.
- Низкая скорость межпроцессорного обмена.
- Высокая стоимость специализированного ПО.

# Формы параллелизма



# История развития SMP-систем

Частотность использования процессоров с различным числом ядер при создании суперкомпьютеров



По данным сайта top500.org



# Что способствует развитию параллельных вычислений

- Ограниченность роста производительности непараллельных компьютеров
- Снижение стоимости многопроцессорных вычислительных систем
  - Cray T90: 1.8 GFlops (\$2,5 млн.),
  - 8 x IBM SP2: 2.1 GFlops (\$0.5 млн.)
- Появление парадигмы многоядерного построения процессоров.

# Что **замедляет** развитие параллельных вычислений (1)

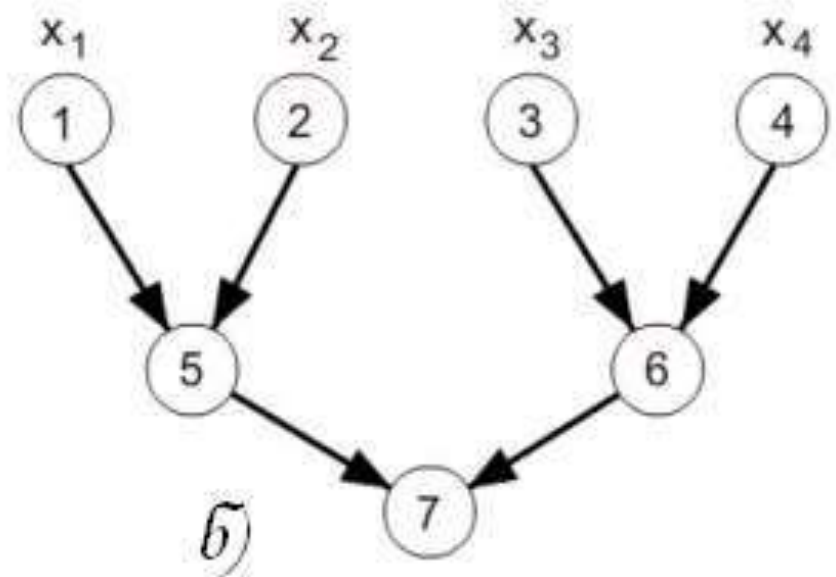
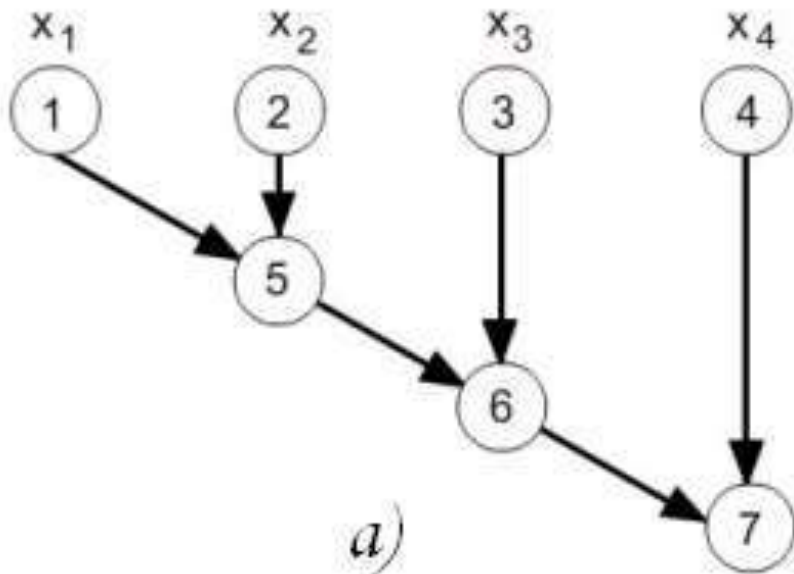
- **Гипотеза Минского** (Minsky): ускорение, параллельной системы пропорционально двоичному логарифму от числа процессоров.
- **Закон Мура** (Moore): мощность последовательных процессоров удваивается каждые 18 месяцев.
- **Закон Гроша** (Grosch): производительность компьютера возрастает пропорционально квадрату его стоимости.
- **Сложность освоения** принципов параллельного программирования.

# Что **замедляет** развитие параллельных вычислений (2)

- Закон Амдала (в любой программе есть нераспараллеливаемая часть)
- Неуниверсальность (некроссплатформенность) параллелизма: при программировании необходимо учитывать характерные особенности конкретных параллельных систем.
- Существующее ПО ориентировано на последовательные ЭВМ.

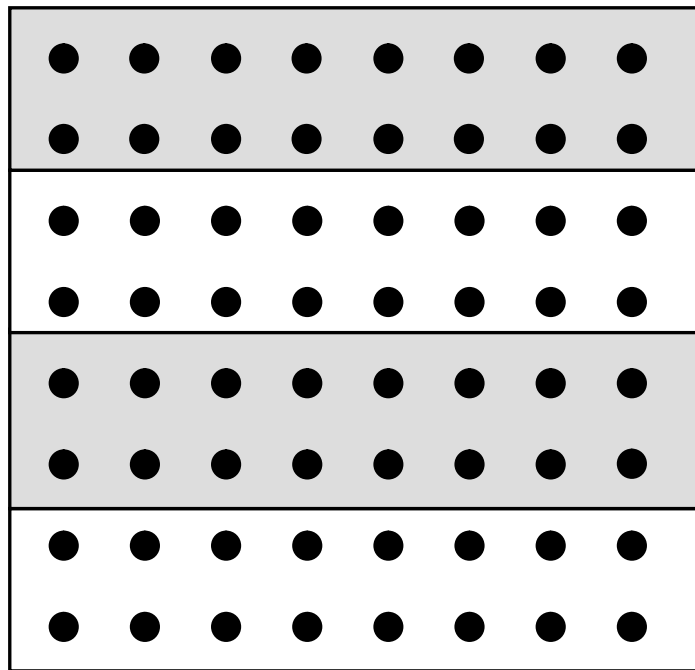
# Пример распараллеливания алгоритма (1)

Последовательное и каскадное суммирование

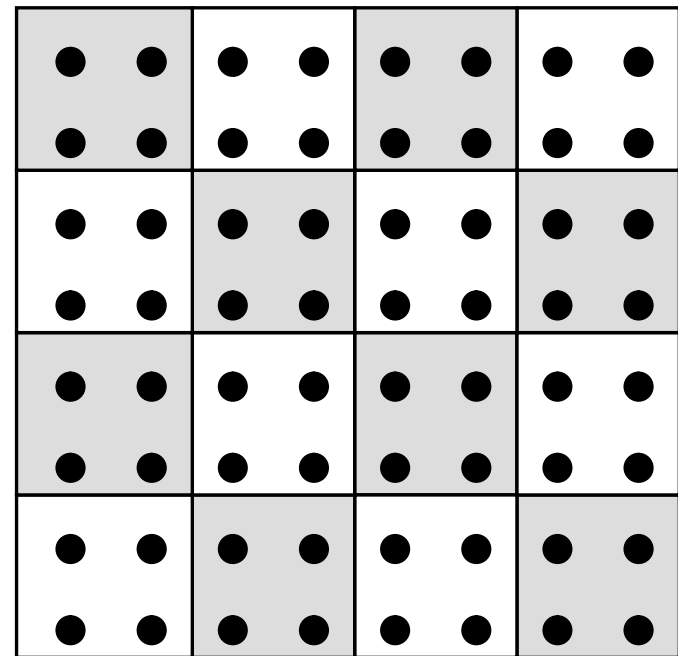


# Пример распараллеливания алгоритма (2)

Поиск максимального элемента массива



а)



б)

# Пример распараллеливания алгоритма (3)

Параллельная сортировка:

- Разбить исходный массив на две части.
- Отсортировать каждую часть независимо за своим процессоре.
- Выполнить слияния отсортированных кусков.

Вычислительная сложность на двухъядерной системе

$$C_1 * N * N \rightarrow C_1 * N * N / 4 + C_2 * N$$

# Показатели эффективности параллельных программ

$S(p) = V(p)/V(1)$  – параллельное ускорение

$E(p) = S(p)/p$  – параллельная эффективность

$p$  – количество вычислителей (ядер, процессоров)

$V$  – скорость выполнения работы (ед. работы в секунду)

# Закон Амдала

$$S(p)|_{w=const} = \frac{t(1)}{t(p)} = \frac{t(1)}{\frac{k \cdot t(1)}{p} + (1 - k) \cdot t(1)} = \frac{1}{\frac{k}{p} + 1 - k}$$

$$E_A(p) = (k + p - p \cdot k)^{-1}$$

где  $t(p)$  – время выполнения программы на  $p$  вычислителях,  $k$  – доля распараллеленных команд,  $w(p)$  – количество условных единиц работы.



# Закон Густавсона-Барсиса

$$S(p) |_{t=const} = \frac{w(p)}{w(1)} = p \cdot k + 1 - k$$

где  $w(p)$  – количество условных единиц работы, выполненных программой за время  $t$ .

# Модификация закона Амдала (по проф. Бухановскому)

$$T_1(N) = t_c(N + M)$$

$$T_P(p, N) = T_{OMP} + \frac{t_c N}{p} + M \cdot t_c$$

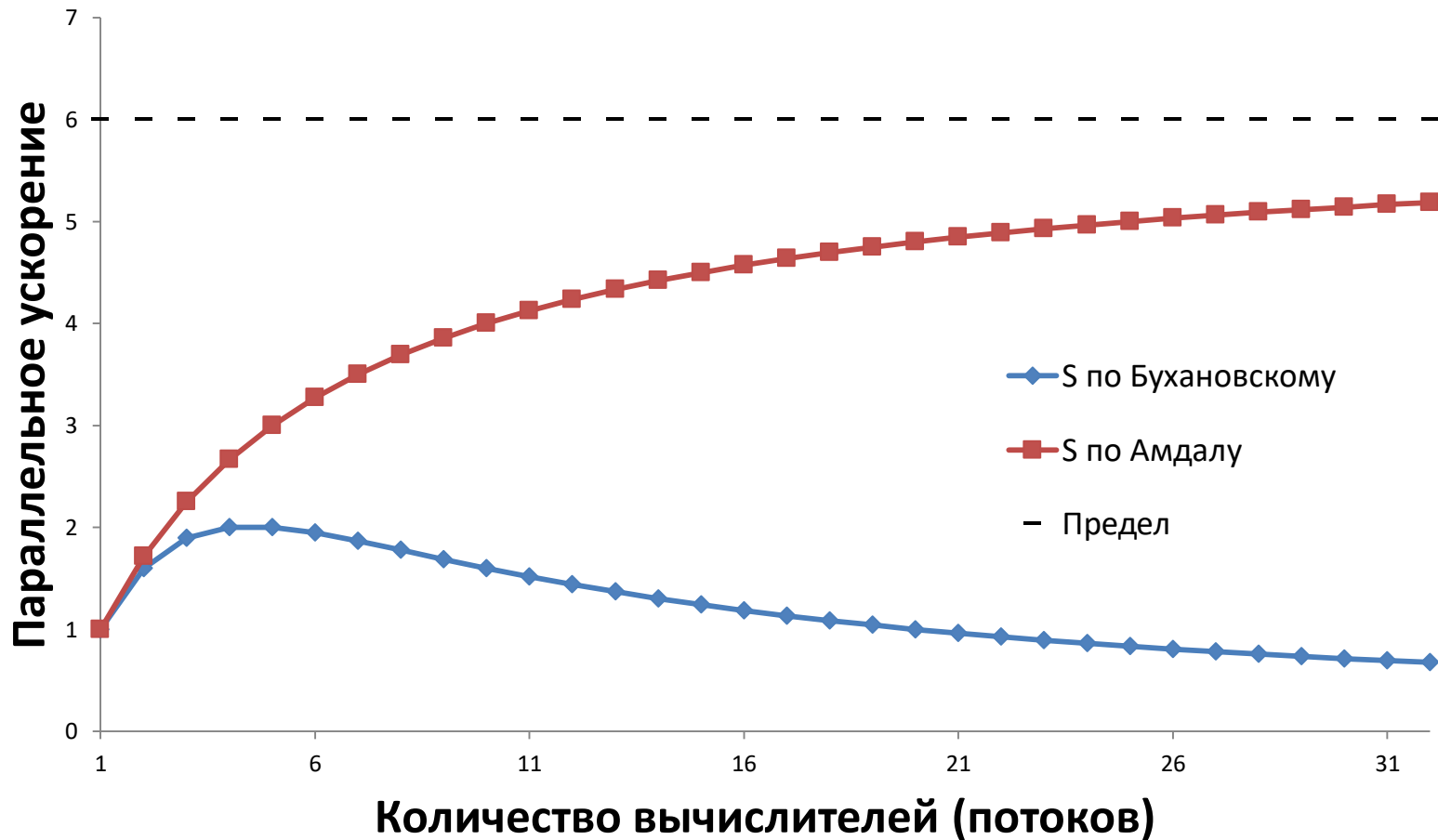
$$T_{OMP} = \alpha(p - 1)t_c N$$

$$S(p, N) = \frac{T_1}{T_P} = \frac{N + M}{\alpha(p - 1)N + \frac{N}{p} + M}$$

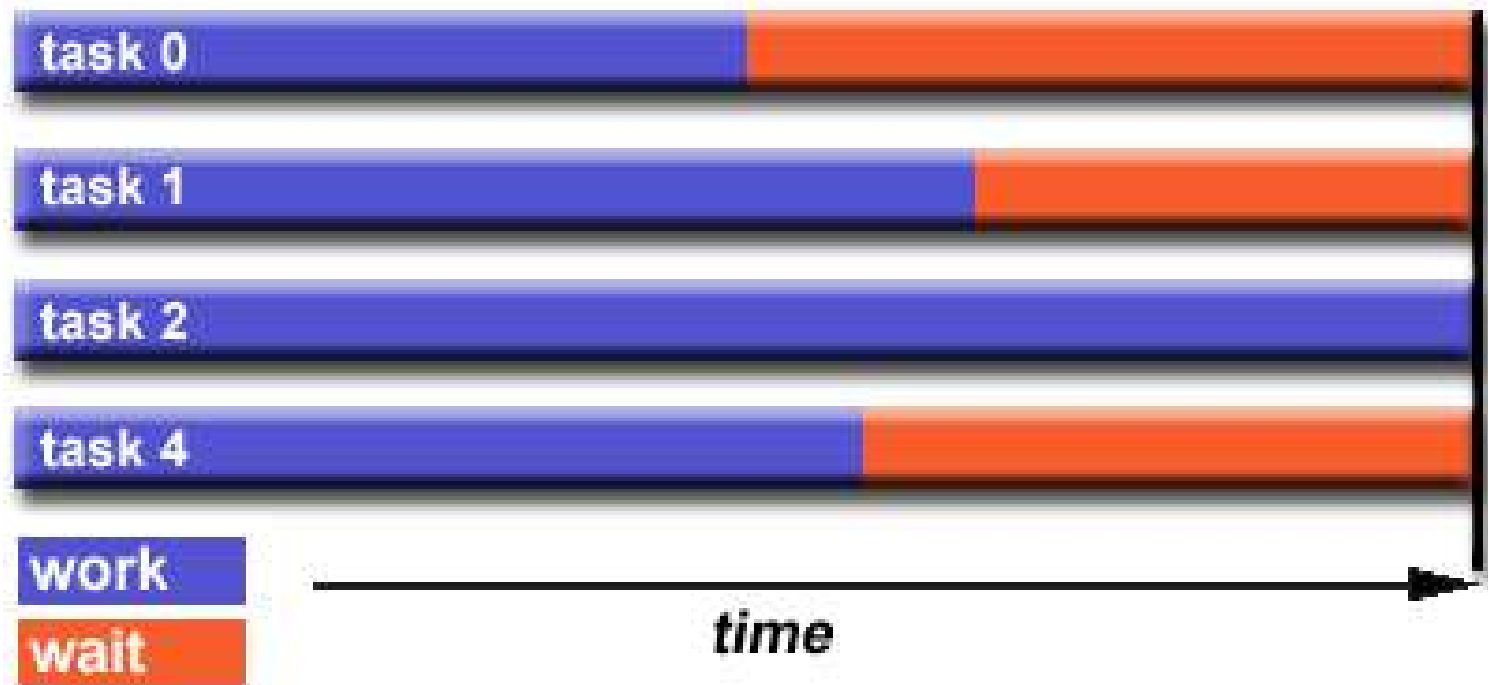
$N$  – количество распараллеливаемых операция,  $M$  – количество нераспараллеливаемых операций,  $t_c$  – время выполнения одной операции,  $p$  – количество вычислителей,  $T_i$  – время выполнения программы при использовании  $i$  параллельных потоков на  $i$  вычислителях,  $\alpha$  – масштабирующий коэффициент.

# Сравнение с законом Амдала

Пусть  $N = 100$ ,  $M = 20$ ,  $\alpha = 0.05$



# Ключевая проблема параллельного программирования



**Балансировка нагрузки!**

# Наинеприятнейшая проблема параллельного программирования

Время	Ядро 1	Ядро 2
t1	a = x;	b = x*x;
t2	x = 3;	b++;
t3	a++;	c = x*x*x;

А есть ли гонки при выполнении операции:

- 1) инкремента;
- 2) присваивания.

?

**Исправить: это когерентность  
кешей! Добавить про гонки!!**

# Виды автоматического распараллеливания

- **Автоматический**  
(компилятору подаётся ключ вида «распараллель всё сам»).
- **Полуавтоматический**  
(распараллеливающие флаги компилятора могут иметь параметры, которые программист должен установить).
- **Автоматизированный**  
(ручное распараллеливание по подсказкам профилировщика или статического анализатора кода).

# Слабые стороны автоматического распараллеливания

- Возможно ошибочное изменение логики программы.
- Возможно понижение скорости вместо повышения.
- Отсутствие гибкости ручного распараллеливания.
- Эффективно распараллеливаются только циклы.
- Невозможность распараллелить программы со сложным алгоритмом работы.

# Список информационных ИСТОЧНИКОВ

- SIHome - [Электронный ресурс]- URL: <http://slhome.ru/catalogue/besprovodnoy-dvernoy-z-wave-zamok-poly-lock> - (дата обращения: 20.07.14)
- СК Пресс – 10 устройств для дома - [Электронный ресурс]- URL: <http://www.crn.ru/news/detail.php?ID=74885> (дата обращения: 20.07.14)
- А.Р. Technology - Технологии и оборудование «Умный дом» - [Электронный ресурс]- URL: <http://www.aptech.ru/tehnologii-dom> - (дата обращения: 20.07.14)
- АНС Групп – «Умный дом» - [Электронный ресурс]- URL: [http://umnye-doma.ru/umnyi\\_dom/](http://umnye-doma.ru/umnyi_dom/) - (дата обращения: 20.07.14)
- Направление и тенденции развитие IT – технологий - [Электронный ресурс]- URL: <http://book.itep.ru/4/7/resources.htm#18> - (дата обращения: 20.07.14)
- Суперкомпьютер - [Электронный ресурс]- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Суперкомпьютер> - (дата обращения: 20.11.15)