Введение. Параллельные программы как расширение последовательных

Алексей А. Романенко
arom@ccfit.nsu.ru

О чем лекция?

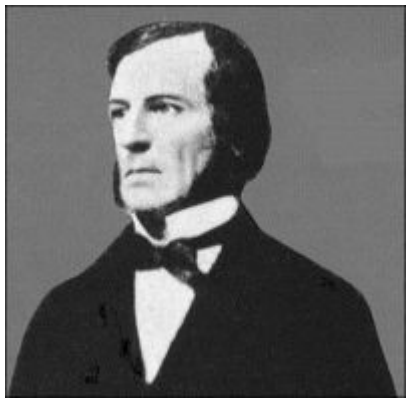
- Компьютеры. История. Тенденции.
- Что такое параллельная программа (ПП)?
- Для чего нужна ПП?
- Особенности ПП.
- Средства разработки ПП.
- пр.

Содержание

1. Последовательная программа
2. Приложения, требующие больших вычислений.
3. Для чего нужна параллельная программа?
4. Параллелизм внутри компьютера.
5. Архитектура современных процессоров.
6. Что такое пареллельная программа?
7. Типы параллелизма.

Содержание

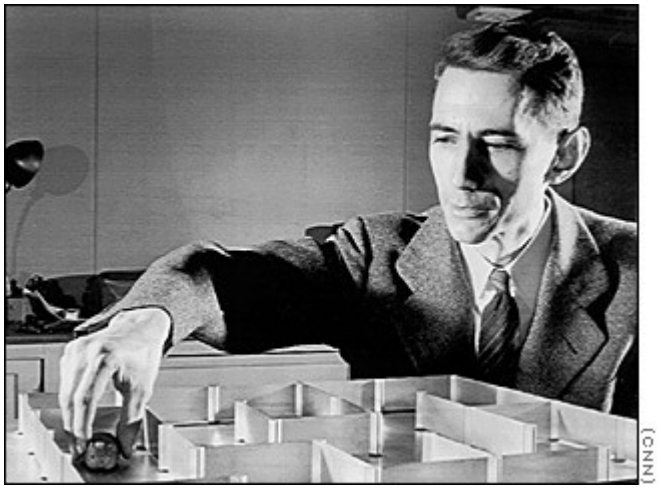
История



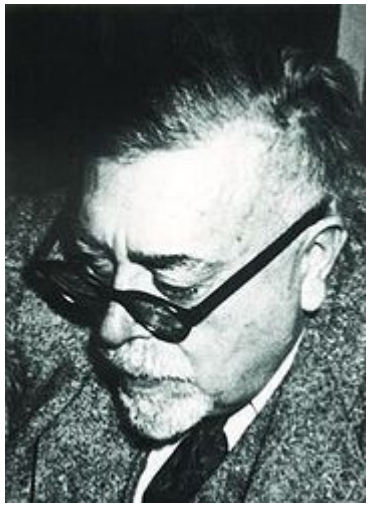
George Boole

Charles Babbage

Alan Turing



Claude Elwood Shannon



Norbert Wiener

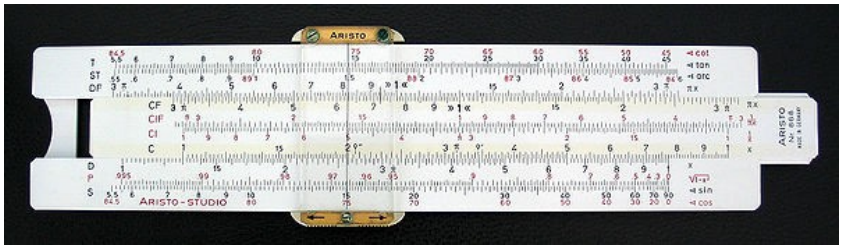
Henry Edward Roberts

John von Neumann

Науки

- Информатика — наука о способах получения, накоплении, хранении, преобразовании, передаче и использовании информации
- Кибернетика - наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе

Разностная машина



Арифмометр

Altair 8800 Computer with
8-inch floppy disk system

Последовательная программа

Программа выполняет вычисление какой-либо функции F = G(X) например:

$a*x^2+b*x+c=0, \quad a \neq 0.$

$x1=(-b-sqrt(b^2-4ac))/(2a),$
$x2=(-b+sqrt(b^2-4ac))/(2a)$

Машина тюринга

Моделирование плазмы

$$N \sim 10^6$$

$$dX_j \sim F_j \, dT^2$$

$$F_j \sim \mathrm{sum}_i(q_i, q_j)$$

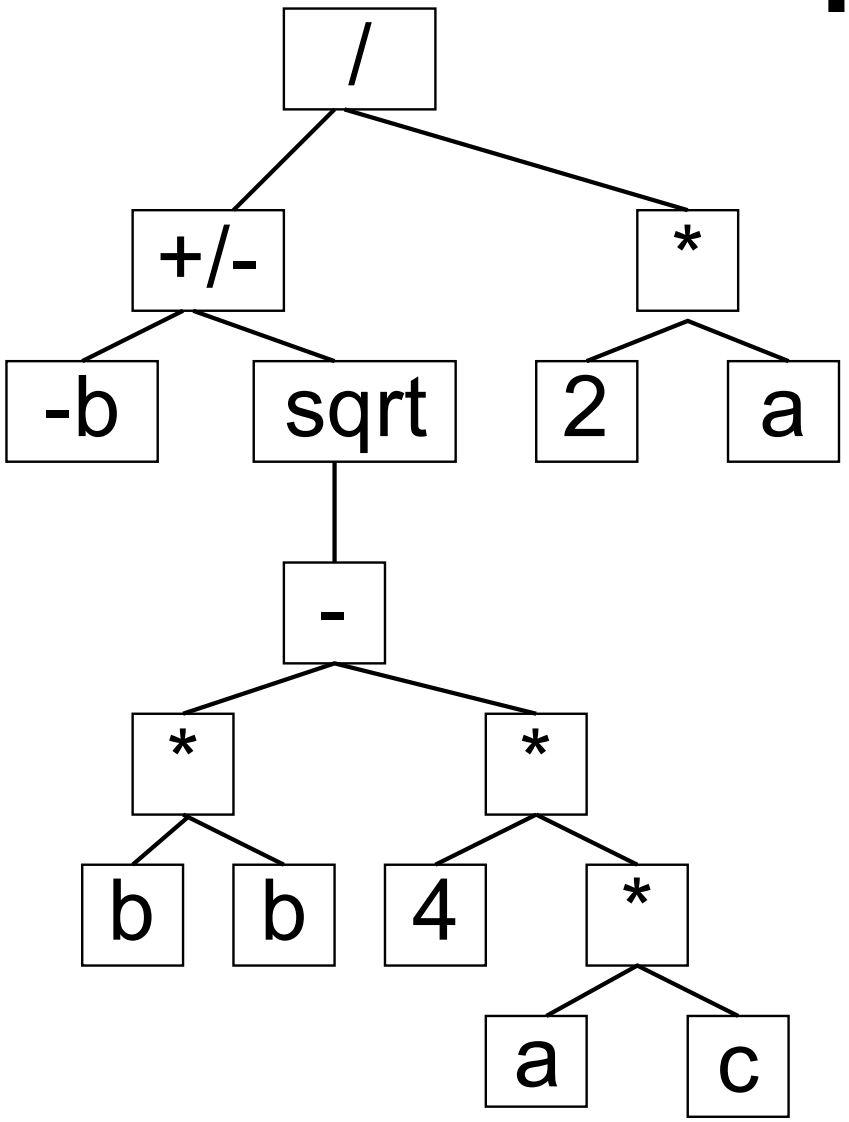
Сложность ~ O(N*N)

более 10^{12} * 100...1000 операций

Требуются большие вычислительные ресурсы

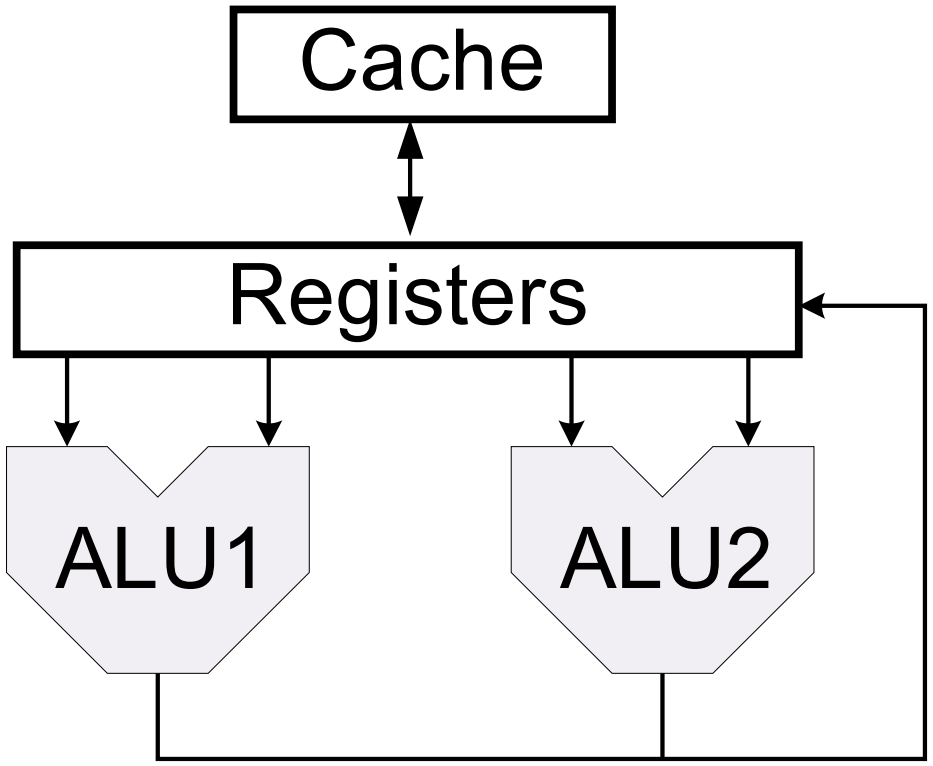
- Ядерная физика, гидродинамика, ...
- Биоинформатика
- Химическое моделирование
- Газо и нефте добыча
- Медицина
- Обработка сигналов
- пр.

Параллельная программа

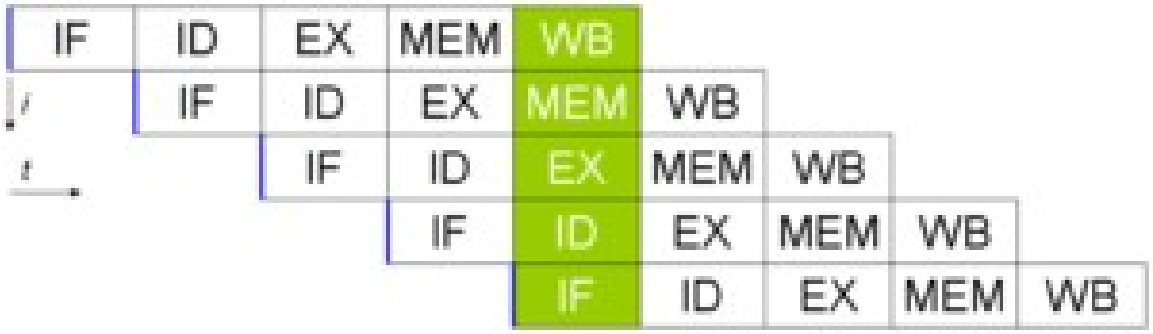


ПП – программа, которая позволяет среде выполнения одновременно исполнять некоторые операции

Параллелизм инструкций



Параллелизм инструкций



IF – Выборка инструкции
ID – декодирование инструкции
EX – Исполнение
MEM – доступ к памяти
WB – запись результата

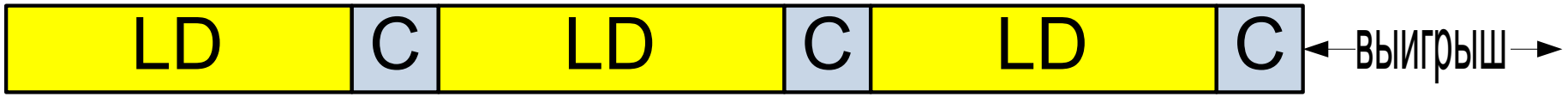
Векторные операции

X1	X2	X3	X4
+			
Y1	Y2	Y3	Y4
=			
X1+Y1	X2+Y2	X3+Y3	X4+Y4

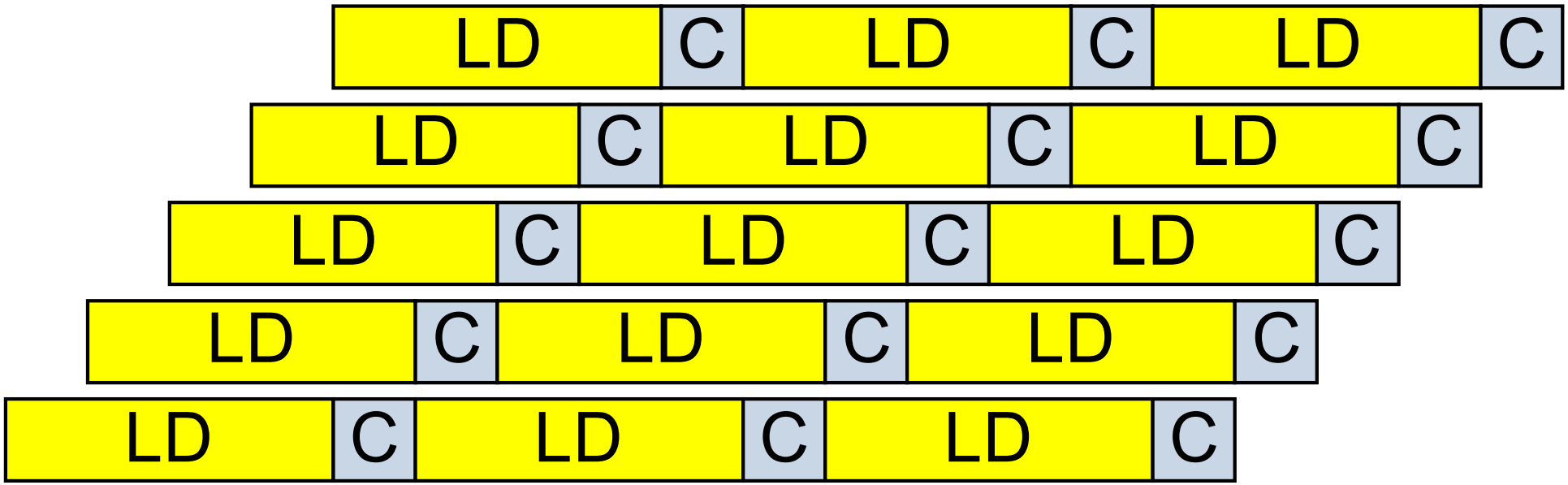
MMX, 3DNow, SSE, SSE2

Загрузка данных

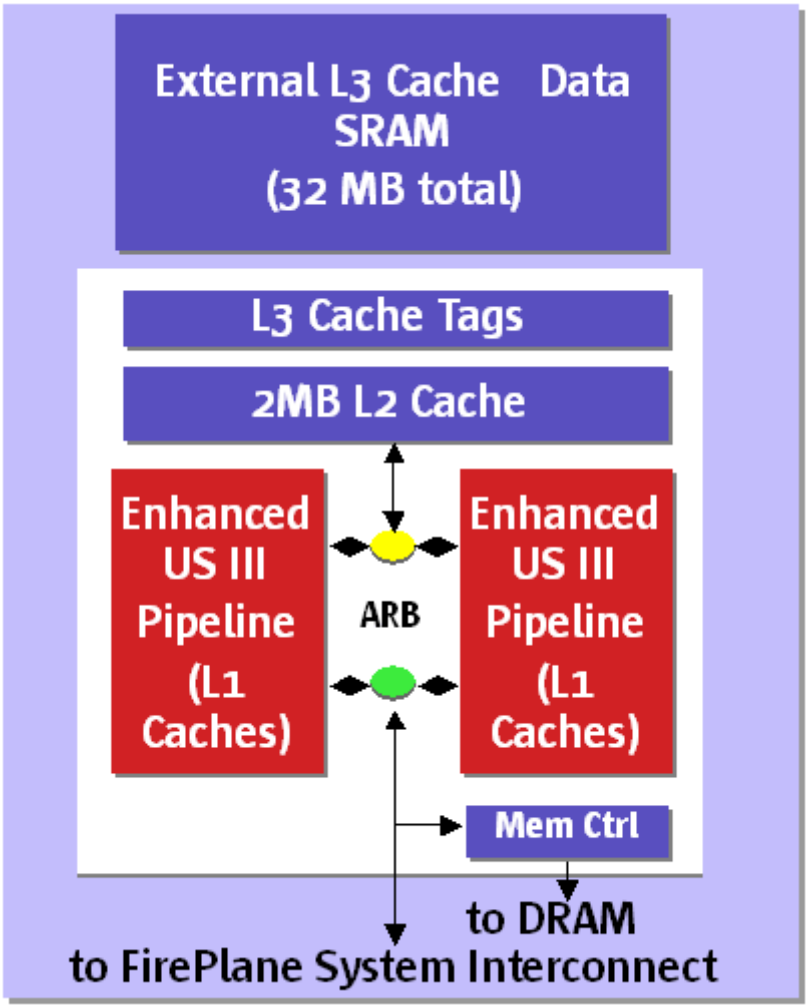
Вычисления в 2 раза быстрее

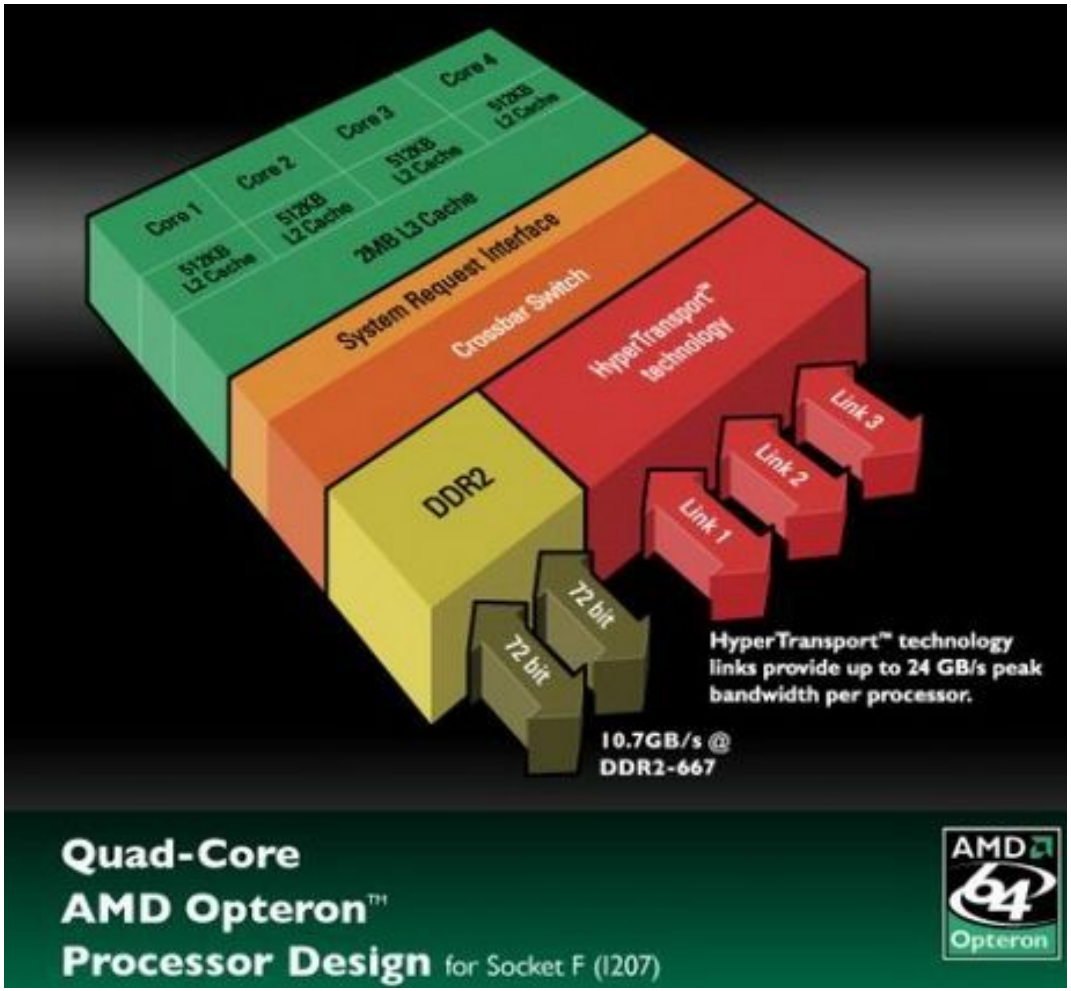


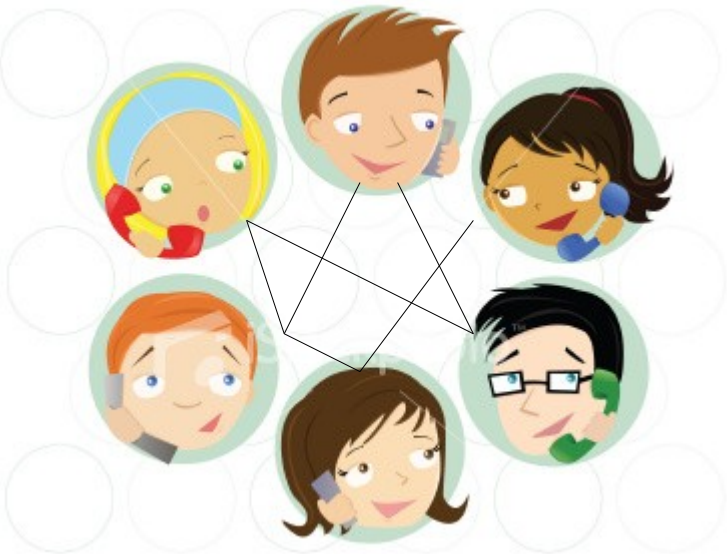
Загрузка данных



Многоядерность







Параллельная программа – система взаимодействующих процессов

Типы параллелизма

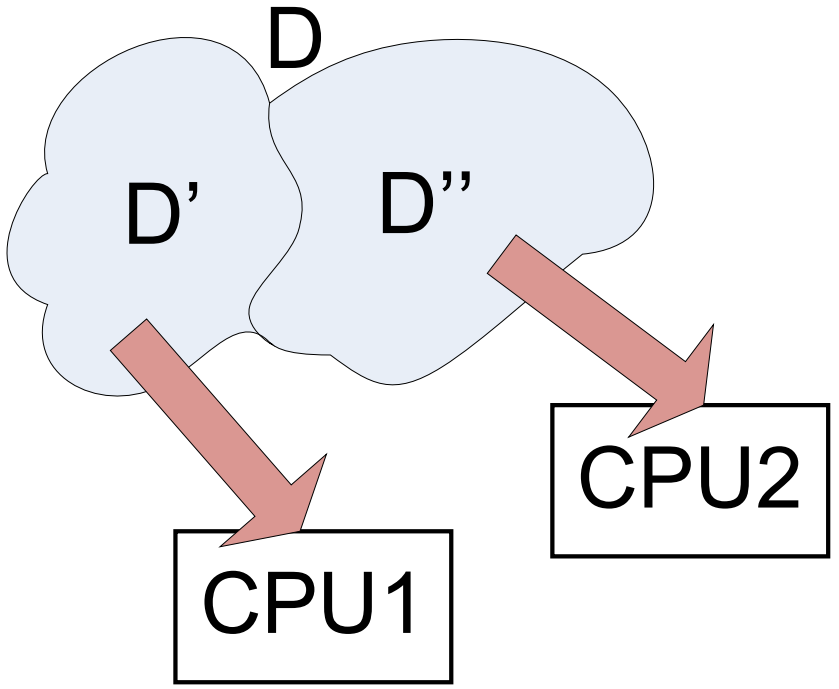
- На уровне бит
- Параллелизм инструкций
- Параллелизм данных
- Параллелизм задач

Параллелизм на уровне бит

Увеличение разрядности слова с целью более быстрого вычисления операций над большими данными

Переход от 4 битных процессоров к 8 битовым, затем к 16-ти битовым. Сейчас де-факто стандартом являются процессоры с 32 разрядным словом

Параллелизм данных



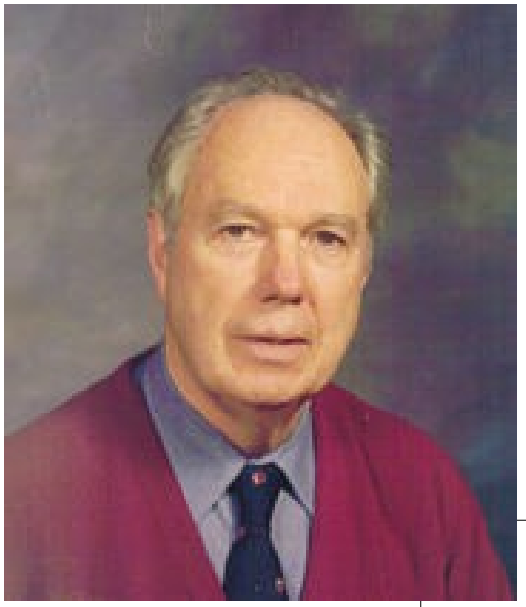
Исть множество данных **D**.
Для каждого X_i из **D** вычисляем $F(X_i)$

D можно распределить по выч. узлам так
$\mathbf{D} = \mathbf{D}' \cup \mathbf{D}''$, $\mathbf{D}' \cap \mathbf{D}'' = 0$
Обрабатываем **D**' на CPU1, **D**'' на CPU2 параллельно

Параллелизм задач

Параллельно процессы обрабатываю абсолютно разные данные абсолютно разными способами.

Масштабируется хуже, чем задачи с параллелизмом по данным



Таксономия Флинна

	Single instruction	Multiple instruction
Single data	SISD	MISD
Multiple data	SIMD	MIMD

Таксономия Флинна

SISD - последовательный компьютер.

SIMD – векторные компьютеры, векторные операции (SSE, MMX)

MISD – вырожденный тип. Конвейер (???)

MIMD – ПК (набор ПК), которые могут одновременно выполнять разные задачи.

Классы параллельных машин

- многоядерные
- SMP
- С распределенной памятью
- Кластера
- GRID системы

Спец.процессоры

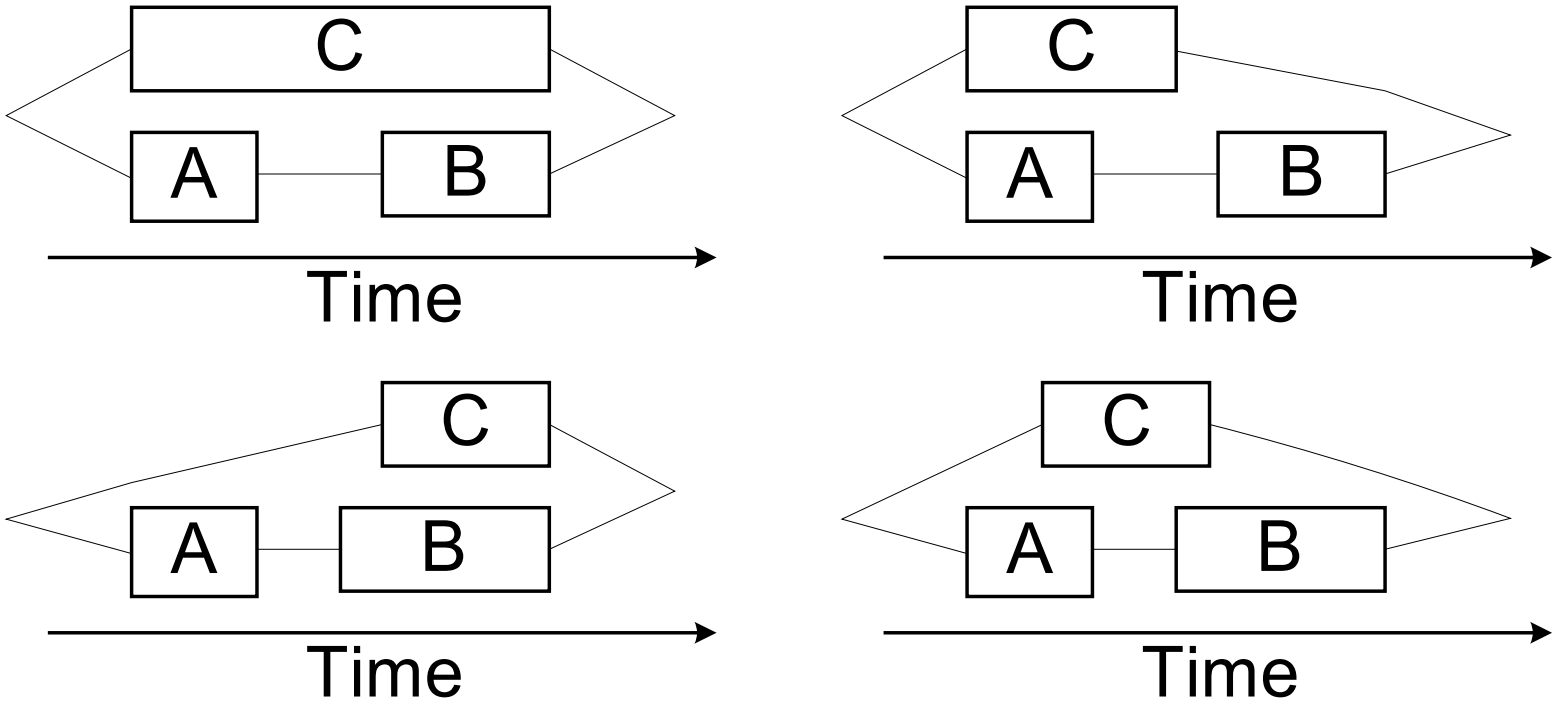
- На базае FPGA
- Графические процессоры
- Векторные процессоры

Особенности параллельных программ

- недетерминизм
- ошибки
  - Мертвые блокировки
  - Ошибки соревнования
- Масштабируемость

Недетерминизм

Особенность программы, когда невозможно сказать, какой из параллельных процессов раньше начался или закончился



Ошибки соревнования

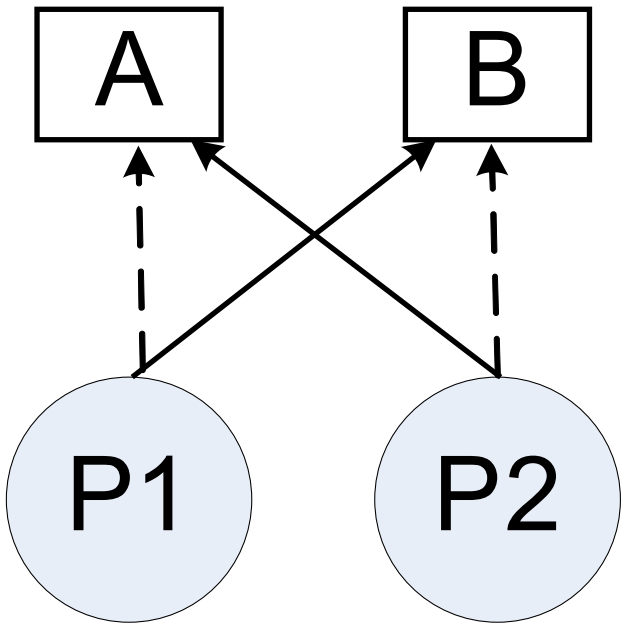
Программа выполняется на SMPсистеме.
Переменная sum разделяемая

```
// thread 0
int k;
for(k=0, i=0; i< 100; i++){
    k = (k + arr[i])%0xFF;
}
sum = (sum + k)%0xFF;
```

```
// thread 1
int k;
for(k=0, i=100; i< 200; i++){
    k = (k + arr[i])%0xFF;
}
sum = (sum + k)%0xFF;
```

Требуется синхронизация

Мертвые блокировки



Процесс P1 блокирует ресурс B, в то же время процесс P2 блокирует ресурс A. Если P1 попытается заблокировать ресурс A, а P2 - B, они заблокируются навсегда.

При неправильных методах борьбы с этой ошибкой мертвая блокировка может перерости в живую.

Масштибируемость

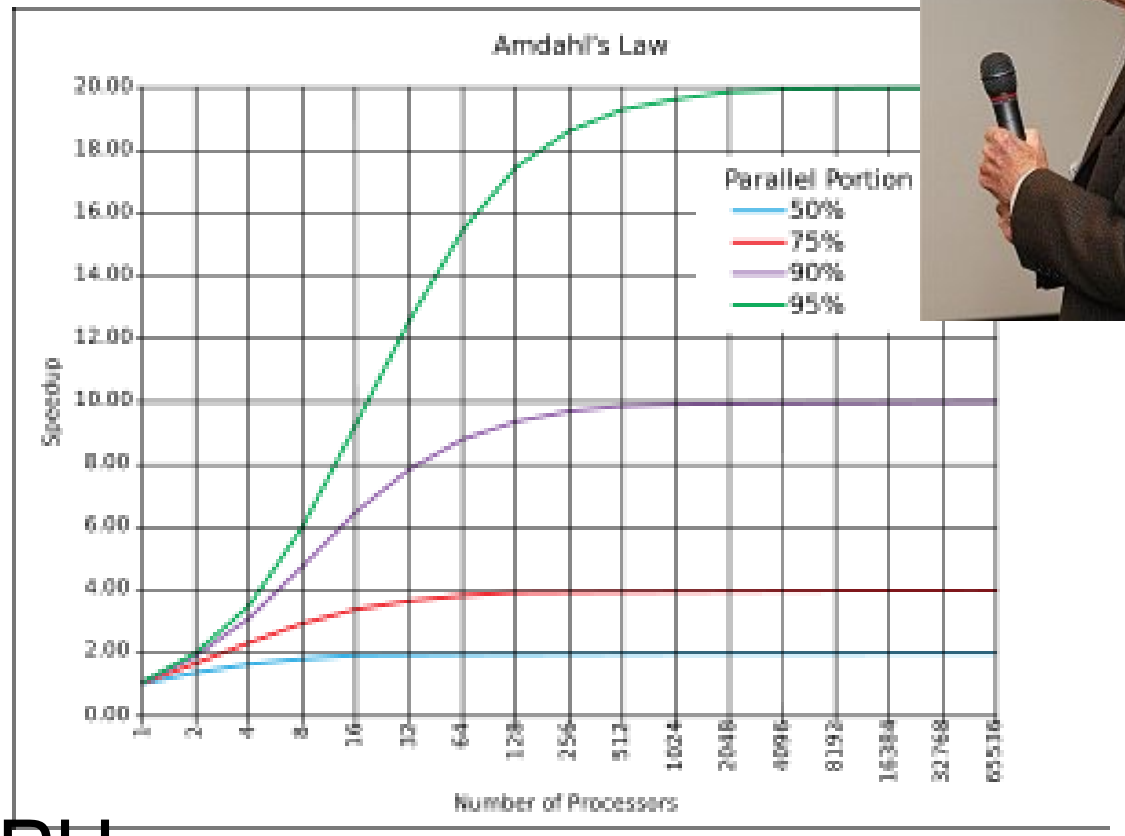
Добавляя ПП вычичлительных ресурсов мы ожидаем, что она будет работать быстрее. Это не всегда так

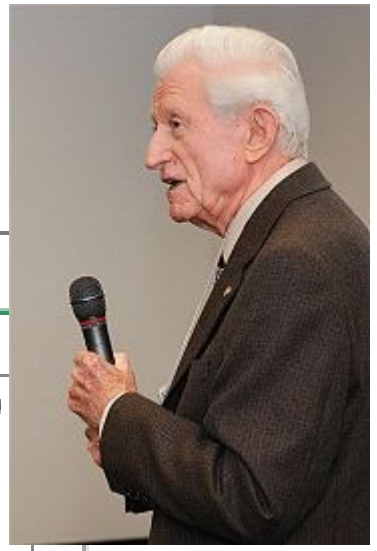
Способность программы ускоряться при добавлении ресурсов называется масштабируемостью.

Степень масштабируемости – количество CPUs (вычислительных узлов) при котором добавление еще одного не приводит к существенному росту производительности

Закон Амдала

$$\frac{1}{(1-P)+\frac{P}{N}}$$





N – Количество CPU

P – Часть программы, которая может быть распараллелена

Системы с распределенной и общей памятью

	+	-
Системы с общей памятью	Проще программировать	Высокая стоимость, низкая масштабируемость
Системы с распраделенной памятью	Высокая масштабируемость, Низкая стоимость	Сложнее программировать

Среды разработки

- Директивы компилятора
- HPF
- OpenMP
- MPI
- POSIX Threads
- пр.

Подходы к разработке ПП

Необходимо ответить на вопросы:

1. Стоит ли программу параллелить?
2. Почему надо параллелить программу? Ограничение по памяти/процессорного времени.
3. Какая часть программы должна быть распараллелина?
4. Какой инструмент наиболее адекватен для программирования?
5. Какой вычислительный комплекс у нас есть (имеем доступ) или будем иметь в будущем?
6. Сколько времени я потручу на распараллеливанию?

Высокая степень параллелизма и масштабируемости приводит к более высокой стоимости программы.

Вопросы для самопроверки

- Что такое параллельная программа?
- Назовите несколько компьютерных систем и сопоставьте их с классами систем в таксономии Флинна
- Какая разница между параллелизм задач и данных?
- Можно ли разработать параллельную программу для вычисления чисел Фибоначи?