© 2013 МГУ/ВМК/СП

Лекция 1

9 февраля

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Цель курса

- Изучение языка Си с другой точки зрения
  - Было
    - Абстрактные типы данных
    - Асимптотический анализ сложности
  - Будет
    - Изучение особенностей реализации языка Си на уровне аппаратуры
    - Область применимости различных способов реализации
- Результат
  - Понимание причин хорошей/плохой производительности программы
  - Понимание причин ошибок
  - Основа для других курсов: ОС, сети, компиляторы, параллельная обработка данных …

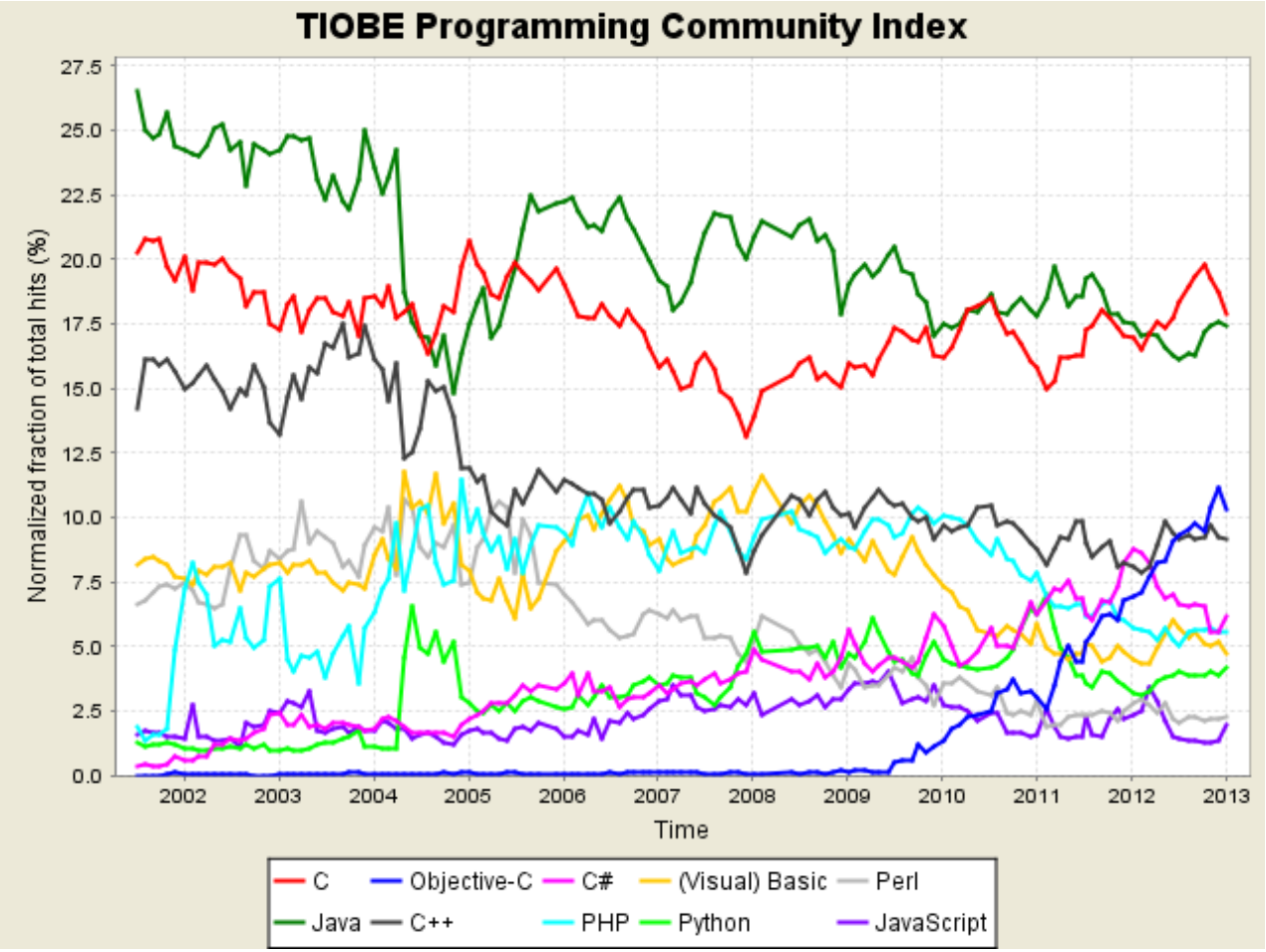
© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №1 Свойства чисел

- $X^2 \geq 0$?
  - float – всегда да
  - int ?
    - 40000 * 40000 = 1600000000
    - 50000 * 50000 = ?
- (x + y) + z = x + (y + z) ?
  - signed/unsigned int – всегда да
  - float
    - (1e20 + -1e20) + 3.14 → 3.14
    - 1e20 + (-1e20 + 3.14) → ??
- Свойства типов данных могут быть использованы для причинения вреда

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №2 Язык ассемблера



Язык ассемблера
19 место в списке
(21 в 2012 году)
Рейтинг 0.629%

Компилятор Си составит программу ничуть не хуже

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №2 Язык ассемблера

- Язык ассемблера позволяет понимать поведение машины
  - Отладка ошибок разработчиком программы
  - Настройка производительности программы
    - Почему оптимизация программы компилятором не дает ожидаемого результата
    - В чем причина плохой производительности
  - Системное программное обеспечение создается людьми, в том числе выпускниками ВМК
    - Компиляторы
    - Операционные системы
  - Безопасность программного обеспечения (software security, cyber security)
    - Сертификация программ
    - Средства защиты
    - Вредоносный код: вирусы, трояны, руткиты, ботнеты, …

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №3 Работа с памятью

- Память ограничена
  - Памятью необходимо управлять
  - Работа многих программ зависит от объема доступной памяти
- Ошибки при работе с памятью тяжело исправлять
  - Возникновение ошибки может быть «далеко» от ее проявления
- Обращение к разным переменным длится разное время
  - Настройка программы под особенности устройства памяти компьютера может дать ощутимое ускорение работы

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №3 Работа с памятью

```
double fun(int i) {
  volatile double d[1] = {3.14};
  volatile long int a[2];
  a[i] = 1073741824;
  return d[0];
}
```

```
fun(0)  →   3.14
fun(1)  →   3.14
fun(2)  →   3.1399998664856
fun(3)  →   2.00000061035156
fun(4)  →   3.14, а потом segmentation fault
```

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №3 Работа с памятью

- Язык Си не предполагает защиты памяти
  - Выход за пределы массива
  - Некорректные указатели
  - malloc/free
- Тяжело отлаживаемые ошибки
  - Проявление ошибки может зависеть от окружения
- Как бороться
  - Java, Ruby, …
  - Понимать как работает компьютер
  - Использовать программные инструменты для отладки
    - Valgrind, Pin, …

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №4 Асимптотическая сложность

```
void copyij(int src[2048][2048], int dst[2048][2048]) {
  int i,j;
  for (i = 0; i < 2048; i++)
    for (j = 0; j < 2048; j++)
      dst[i][j] = src[i][j];
}
```

Память имеет иерархическую структуру

Скорость работы программы зависит от порядка выполняемых действий

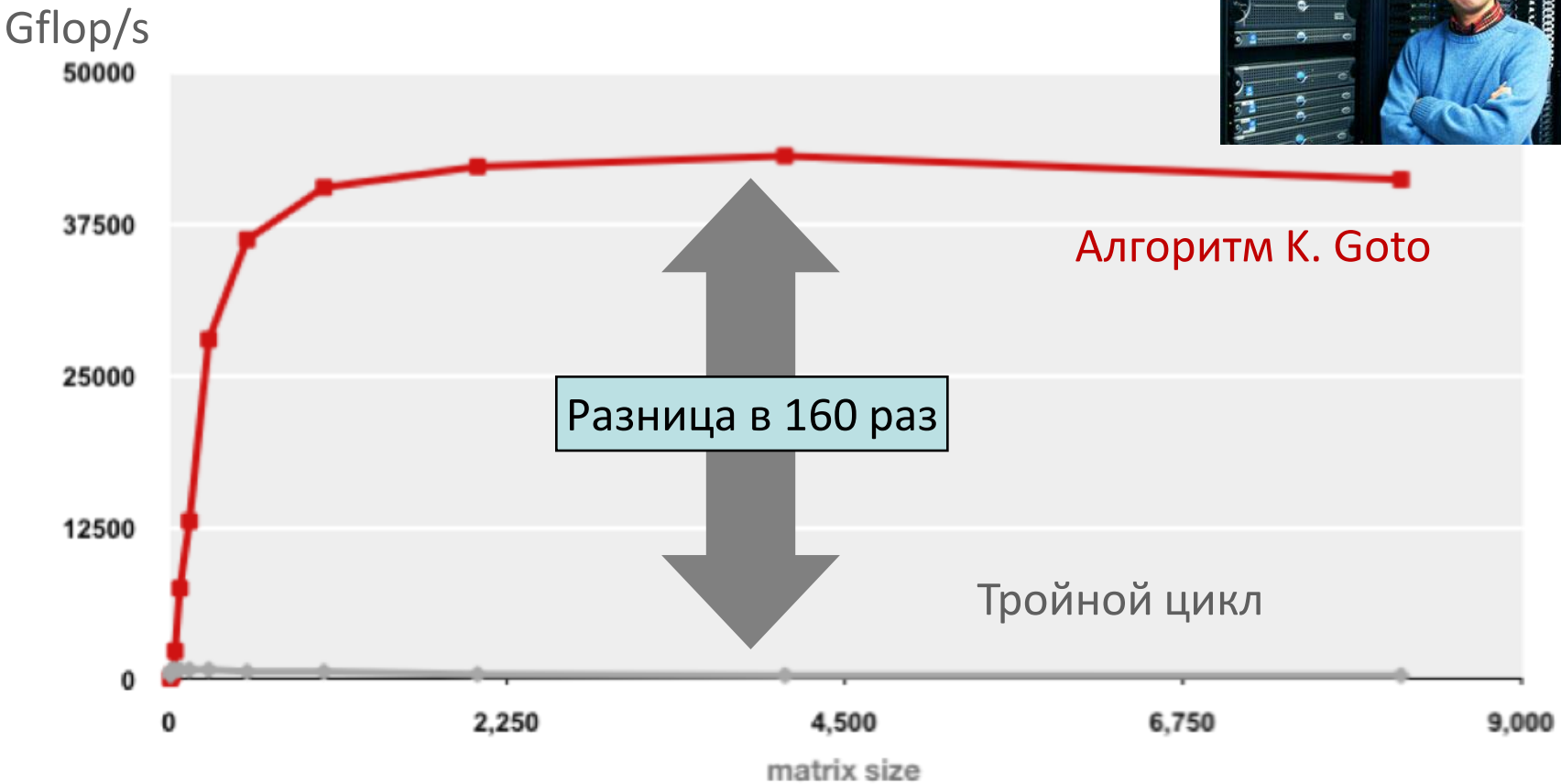
```
void copyji(int src[2048][2048], int dst[2048][2048]) {
  int i,j;
  for (j = 0; j < 2048; j++)
    for (i = 0; i < 2048; i++)
      dst[i][j] = src[i][j];
}
```

Медленней в 21 раз (Pentium 4)

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Проблема №4 Асимптотическая сложность

Умножение матриц 2 x Core 2 Duo 3 GHz (double)
Библиотека GotoBLAS

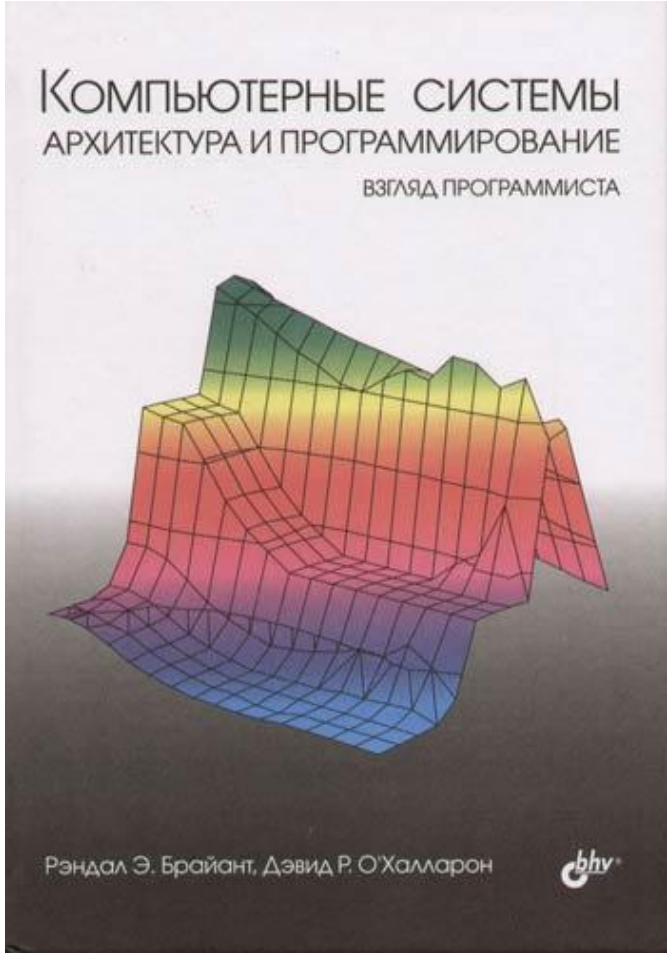


В точности одинаковая сложность ($2n^3$)

Kazushige Goto and Robert A. van de Geijn. 2008. Anatomy of high-performance matrix multiplication. *ACM Trans. Math. Softw.* 34, 3, Article 12 (May 2008)

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Литература



- Рэндал Э. Брайант, Дэвид О'Халларон Компьютерные системы: архитектура и программирование Computer Systems: A Programmer's Perspective

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Литература

- Кип Р. Ирвин. Язык ассемблера для процессоров Intel. 4-е издание. Вильямс, 2005.

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Литература

- Э. Таненбаум. Архитектура компьютера. 5-е изд. - СПб.: Питер, 2007

© 2013 МГУ/ВМК/СП

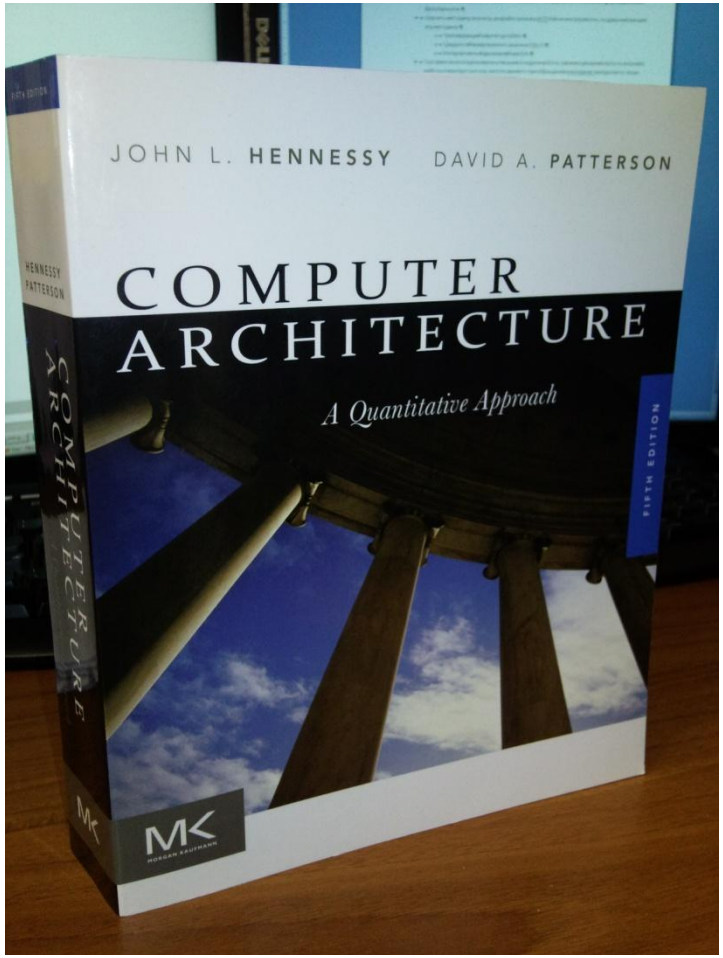
Дополнительная литература

- Д. Паттерсон, Дж. Хеннесси. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. Четвертое издание. Питер, 2012
- Рудольф Марек. Ассемблер на примерах. Базовый курс. — СПб: Наука и Техника, 2005.
- Юров Виктор Иванович. Assembler. 2-е изд. Питер, 2010 год.
- Юров Виктор Иванович. Assembler: Практикум. 2-е изд. Питер, 2007 год.

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Дополнительная литература

- John L. Hennessy and David A. Patterson. Computer Architecture, 5th Edition: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann Publishers 2012.
- Часть тем курса рассматривается в первых двух главах (~130 страниц)



© 2013 МГУ/ВМК/СП

Техническая литература

- Стандарт языка Си 99. ISO/IEC 9899:1999
- The Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual. January 2013. http://www.intel.com/products/processor/manuals/
- Using the GNU Compiler Collection http://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-4.5.2/gcc.pdf

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Из чего состоит курс

- Лекции
  - 54 часа / 27 лекций
  - Два коллоквиума
  - Письменный экзамен
- Семинары
  - 72 часа / 36 занятий
    - Аудитория
    - Машинный зал
  - Домашние задания
    - всего – 7 заданий
    - 4 задания сдаются в системе Ejudge
  - Зачет с оценкой
- Сайт поддержки http://asmcourse.cs.msu.ru/

Ограничение на количество посылок задачи:
•обычные задачи – 16,
•повышенной сложности – 32.

© 2013 МГУ/ВМК/СП

План лекций

- Введение
  на примерах ассемблерных программ
  - 5 лекций
- Взаимосвязь языка Си, языка ассемблера и особенностей архитектуры IA32
  - 12 лекций
- Архитектура ЭВМ
  - 6 лекций
- Система программирования языка Си и ее связь с архитектурой ЭВМ
  - 4 лекции

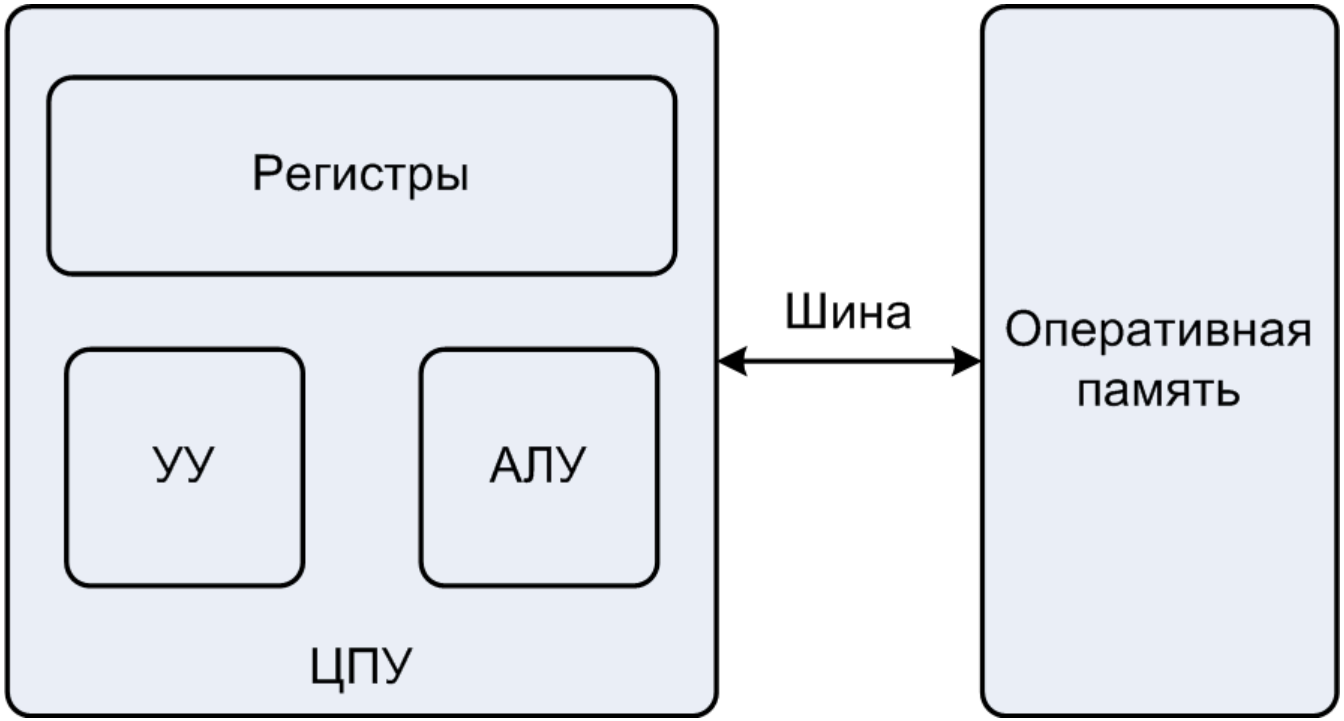
© 2013 МГУ/ВМК/СП

История первых компьютеров

- Чарлз Бэббидж, Ада Лавлайс 1820 – 1833
- Конрад фон Цузе
  - Z1 1938г., Z2 1939 г., Z3 1941г., Z4 1945г.
- Экерт и Моучли
  - ENIAC 1946 г.
  - фон Нейман
    - First Draft of a Report on the EDVAC
- Атанасов и Берри
  - ABC 1942 г.
- Mark I
  - 1949 г.
- Исаак Брук
  - М-1 1951 г.
- Сергей Лебедев
  - БЭСМ-1 1952 г.

© 2013 МГУ/ВМК/СП

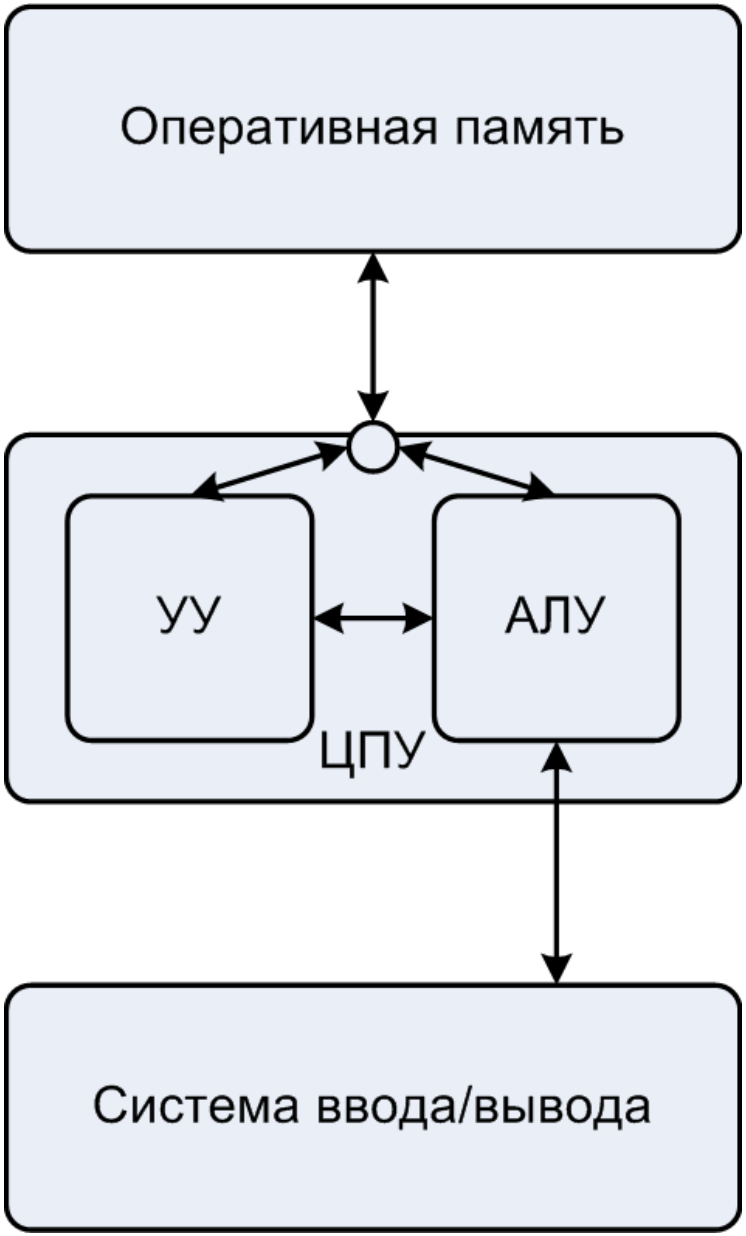
Архитектура фон Неймана



1. Двоичное кодирование информации
2. Неразличимость команд и данных
3. Адресуемость памяти
4. Последовательное выполнение команд

Вспоминаем Си-машину…

© 2013 МГУ/ВМК/СП



Вспоминаем Си-машину…

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Цикл работы

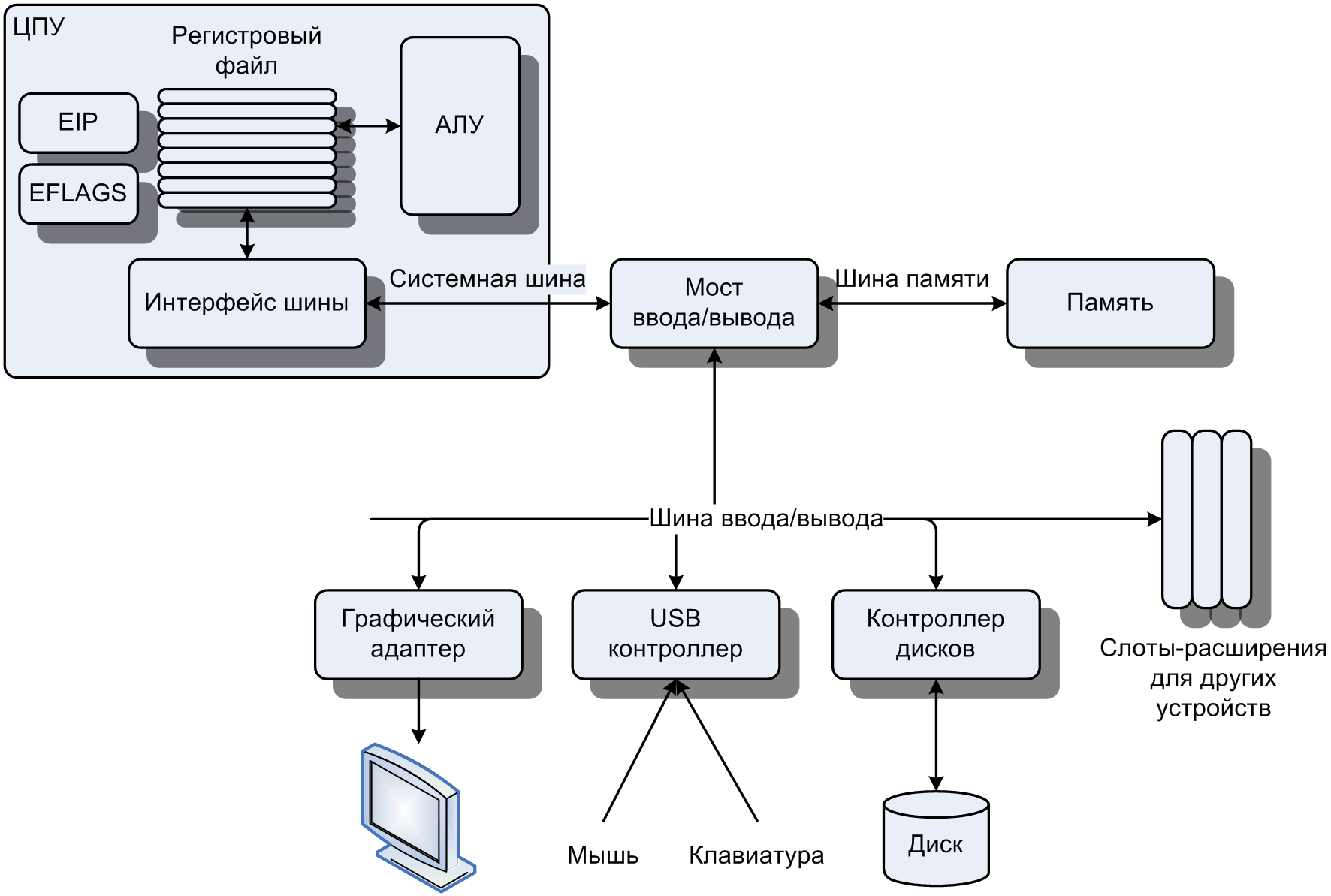
1. Извлечение инструкции из памяти
   счетчик команд
2. Декодирование команды
   код операции, операнды, количество и типы операндов
3. Загрузка операндов
   способ описания адреса памяти
4. Выполнение операции над данными
5. Запись результата
   счетчик команд – регистр, способный принимать вычисленные значения

© 2013 МГУ/ВМК/СП

Промежуточные итоги: ключевые термины и понятия

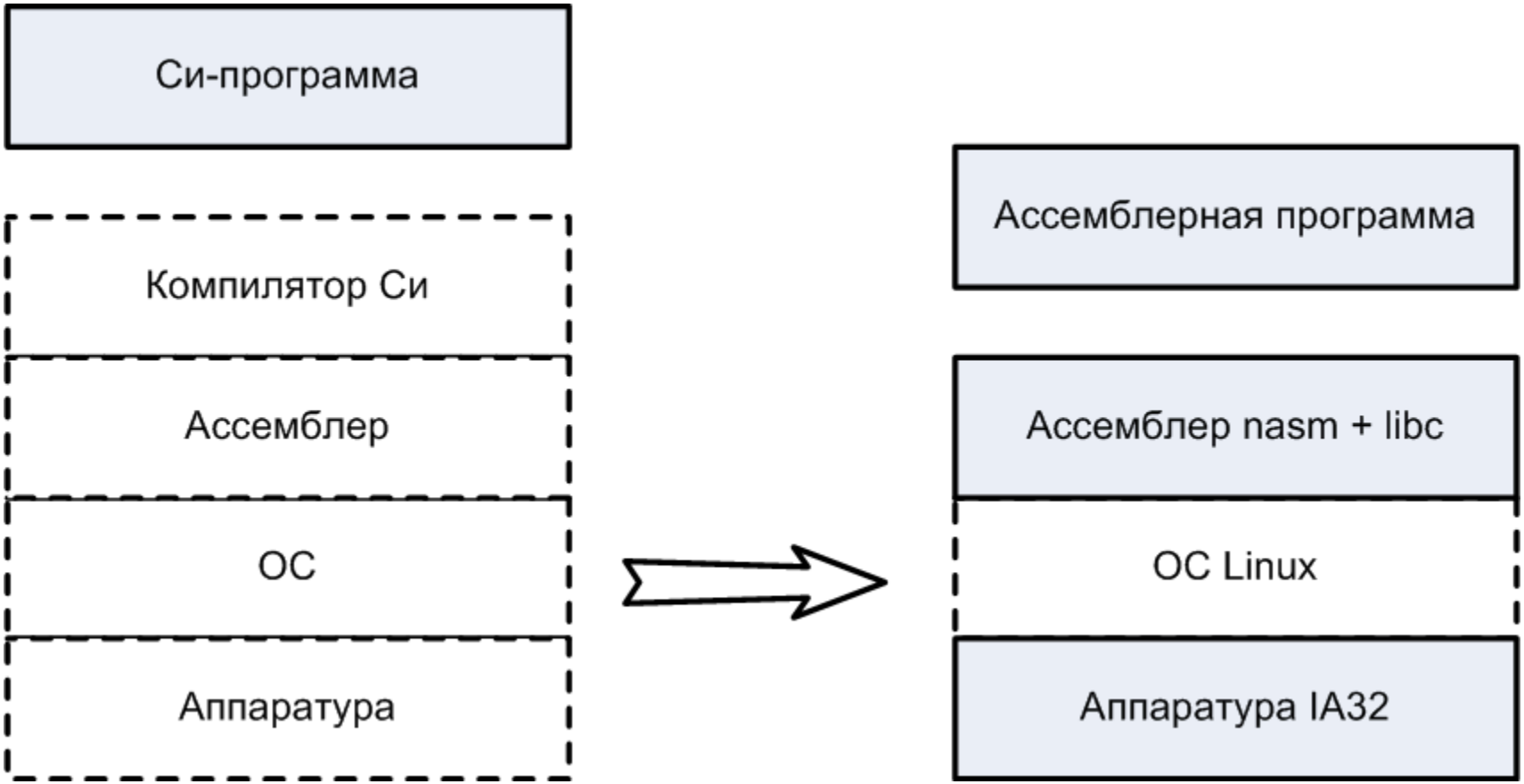
- *Регистр*, имя регистра, значение регистра, *разрядность* регистра, *машинное слово*
- Память, ячейка памяти, *адрес* ячейки памяти, время доступа к памяти
- Цикл, *тактовая частота*, *счетчик команд*
- Машинная команда, код операции, операнд, адресность команды, *исполнительный адрес*
- *Способ адресации*: *прямая, непосредственная, косвенная*

© 2013 МГУ/ВМК/СП



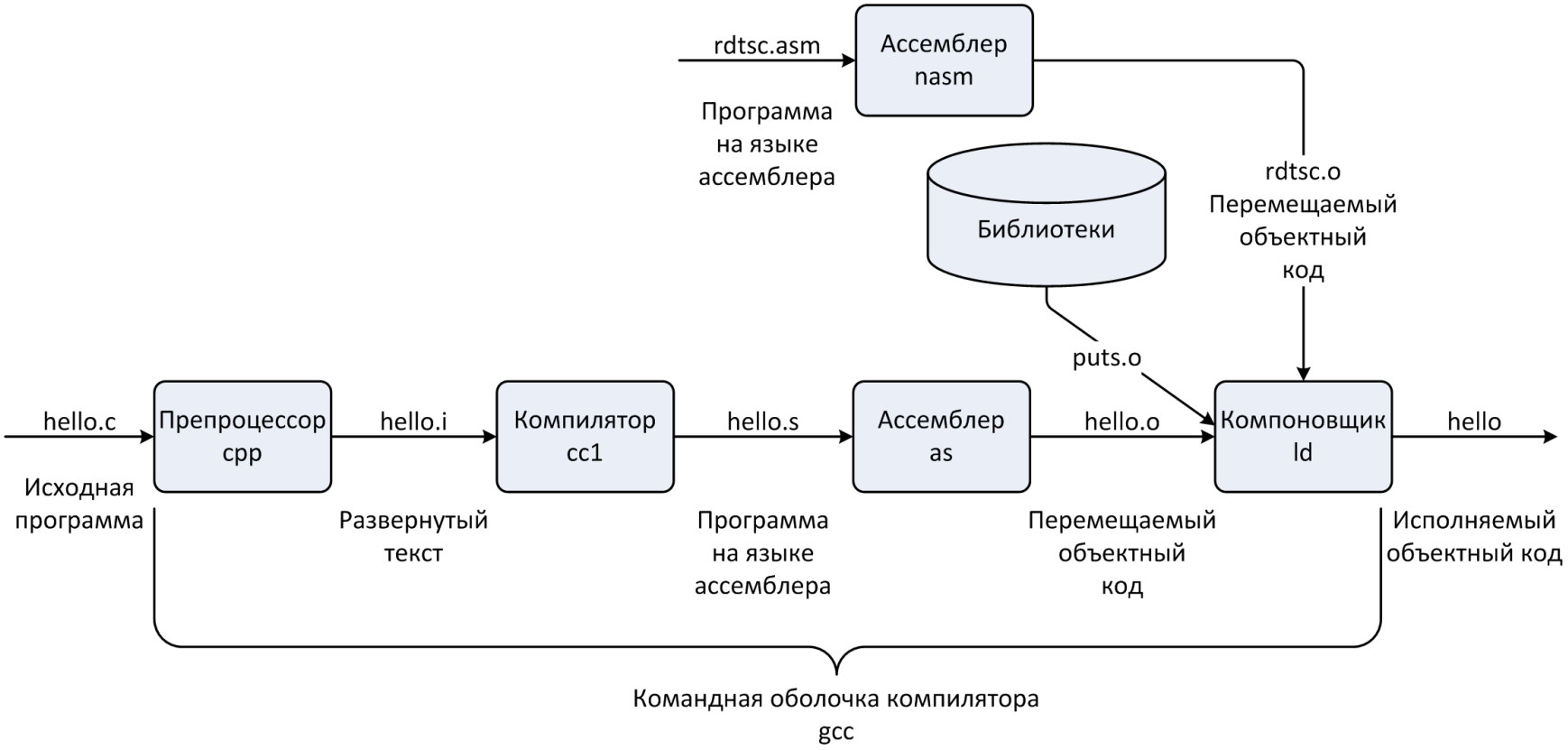
© 2013 МГУ/ВМК/СП

Окружение разработки и выполнения пользовательской программы



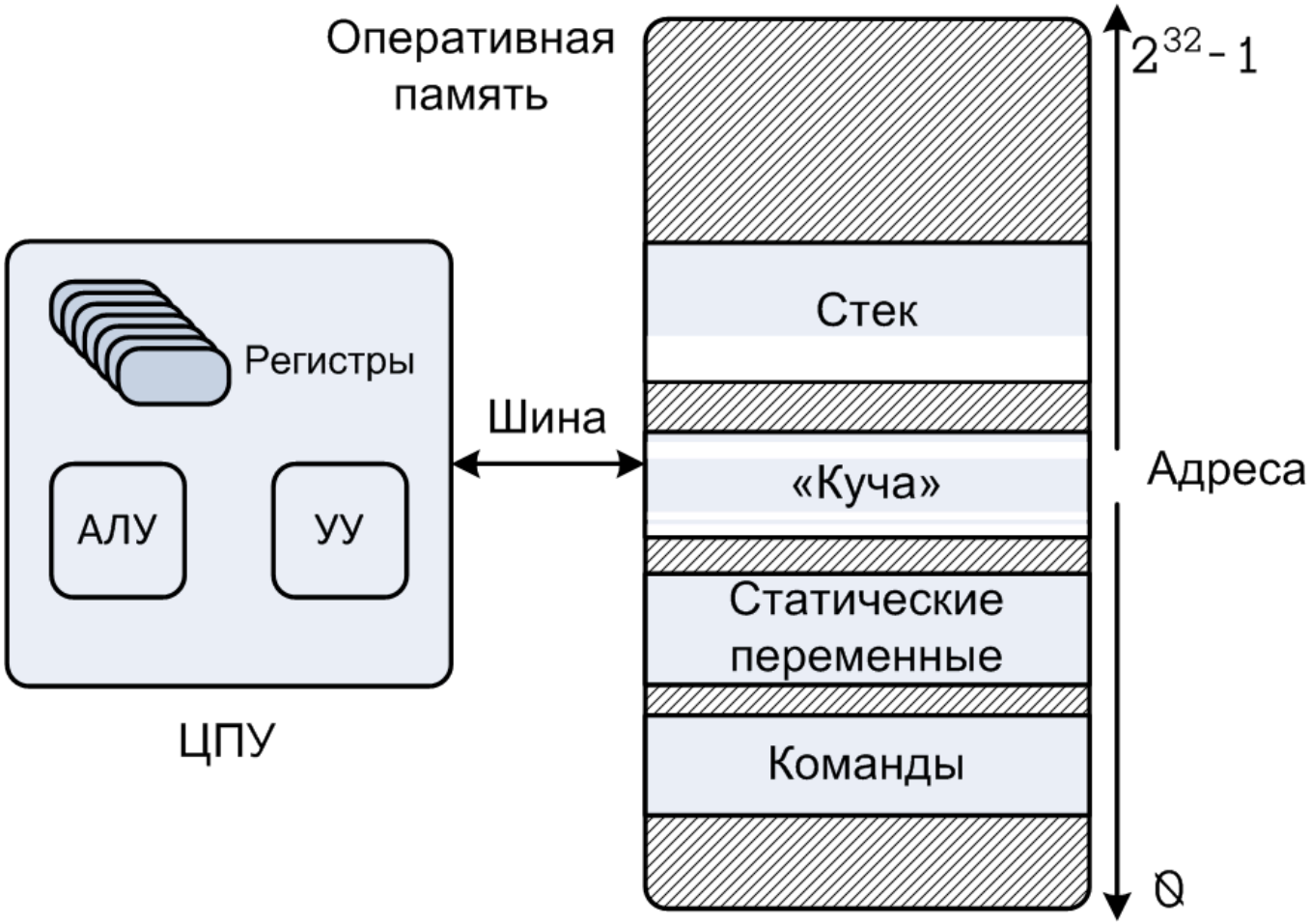
© 2013 МГУ/ВМК/СП

Этапы компиляции и компоновки пользовательской программы



© 2013 МГУ/ВМК/СП

Машина, на которой работает пользовательская программа (архитектура IA-32)



Вспоминаем Си-машину…