

Архитектура компьютеров  
и системное программирование  
к. ф.-м. н. Чернов А. В.  
[blackav@gmail.com](mailto:blackav@gmail.com)

# Содержание модуля

- Unix/POSIX системы
- GNU Toolchain
- RISC процессоры

# RISC

- RISC (Reduced Instruction Set Computing) — противопоставление CISC (Complex Instruction Set Computing)
- Предпосылки (начало 80-х):
  - Традиционные архитектуры предлагали большое количество режимов адресации
  - Ориентировались на удобство написания программ на ассемблере человеком
  - Квинтэссенция CISC: VAX
    - 21 режим адресации
    - «Сложные инструкции», вплоть до работы со списками

# RISC

- Предпосылки (2) — в то же время:
  - Все больше ПО разрабатывается на языках высокого уровня
  - UNIX — ядро ОС написано на ЯВУ
  - Качество кода, генерируемого компиляторами, улучшается и становится ближе к качеству кода, написанного вручную
  - Компиляторы используют небольшое подмножество CISC-инструкций

# Мотивация RISC

- Оставить только «основные» инструкции
- Оставить только «основные» режимы адресации
- За счет этого упростить и ускорить работу процессора
- Исследовательский процессор Berkeley RISC показал отличные результаты

# Коммерциализация

- Середина 80-х: производители оборудования разрабатывают свои RISC-архитектуры
  - Berkeley RISC → Sun SPARC
  - DEC → Alpha
  - HP → PA-RISC
  - IBM → Power (PPC)
  - Stanford Univ → MIPS
  - Cambridge → ARM

# Рабочие станции UNIX

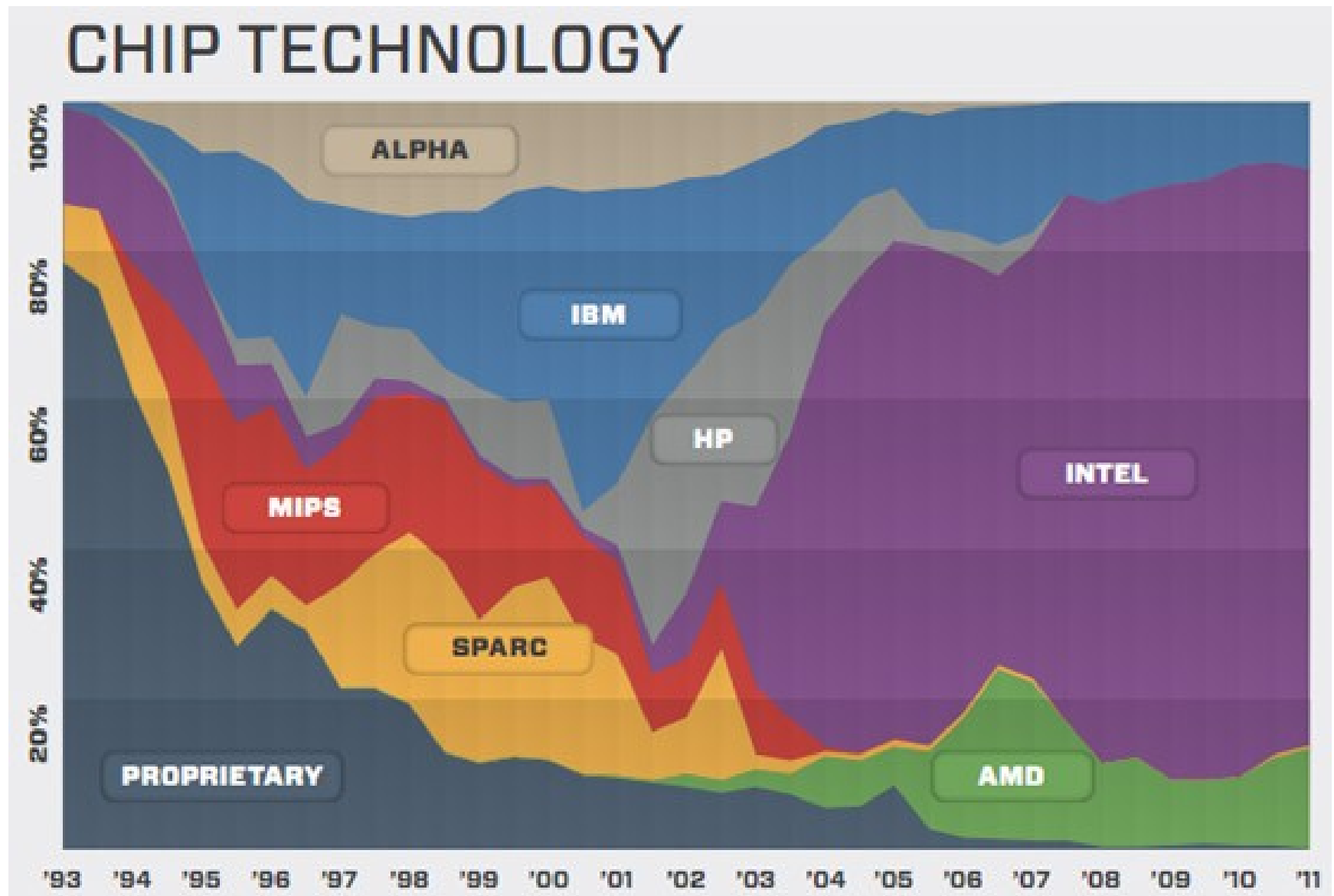
- В итоге к 90-м годам каждый крупный производитель оборудования выпускал «workstation» на своей архитектуре со своей версией Unix
  - Sun: SPARC и Ultra SPARC, Solaris
  - HP: PA-RISC, HP-UX
  - IBM: ROMP, затем PPC, AIX
  - SGI: MIPS, IRIX

# Workstations vs PCs

- В начале 90-х годов мощность «персональных компьютеров» на процессорах x86 (486, Pentium, ...) нагнала мощность «рабочих станций»
- WinNT приближалась по возможностям к возможностям Unix
- Активно развивались {Free, Net, Open}BSD и Linux



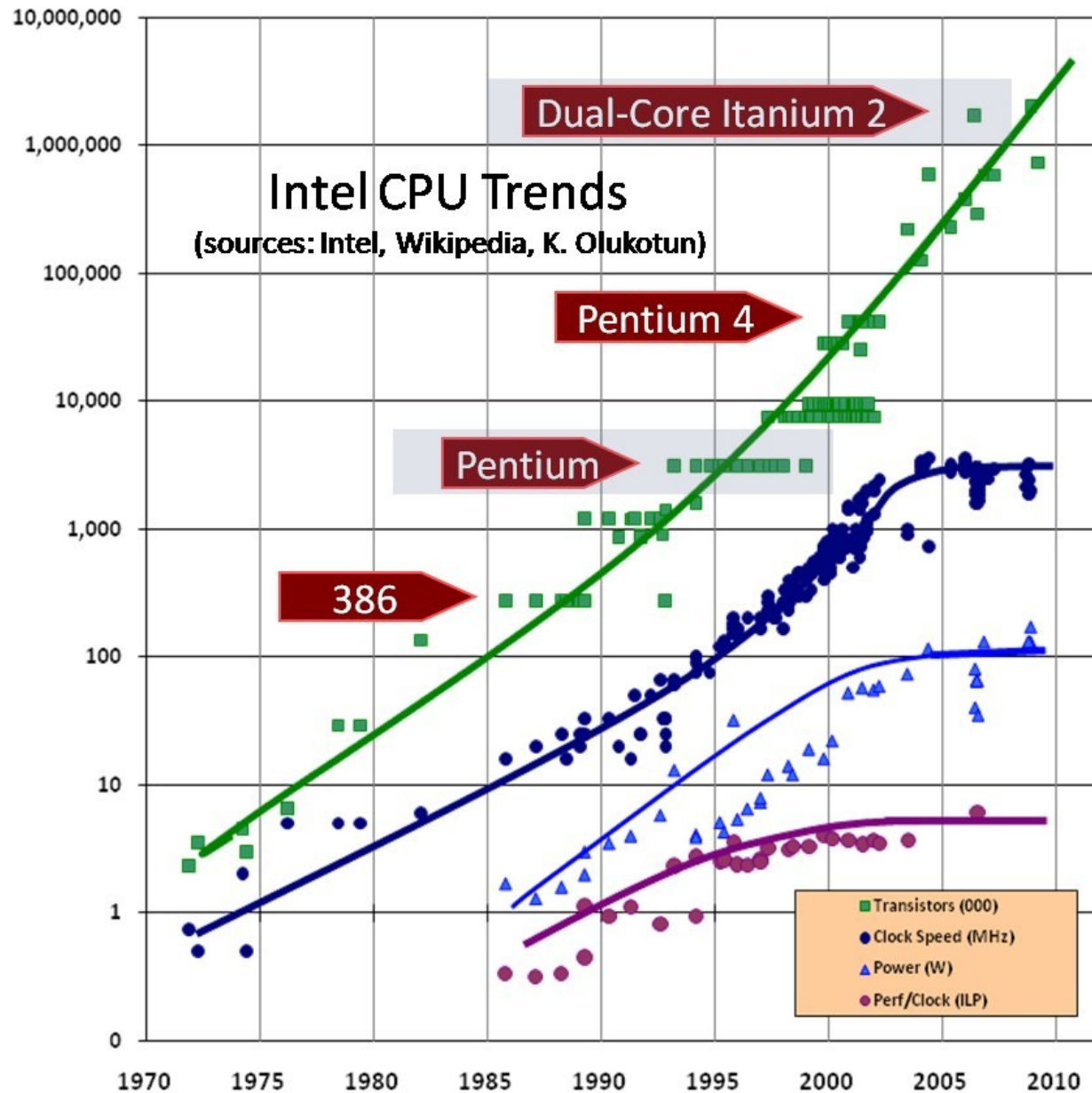
# Market Share



# «Гонка мегагерц» в 90-х

- В 90-х тактовая частота процессоров примерно удваивается каждые полтора года
- Примерное удвоение производительности каждые полтора года у x86 (т. н. закон Мура)
- В итоге — большинство RISC-архитектур рабочих станций теряют рынок
- Традиционная концепция: Unix обречен, Wintel завоюет все

# Закон Мура



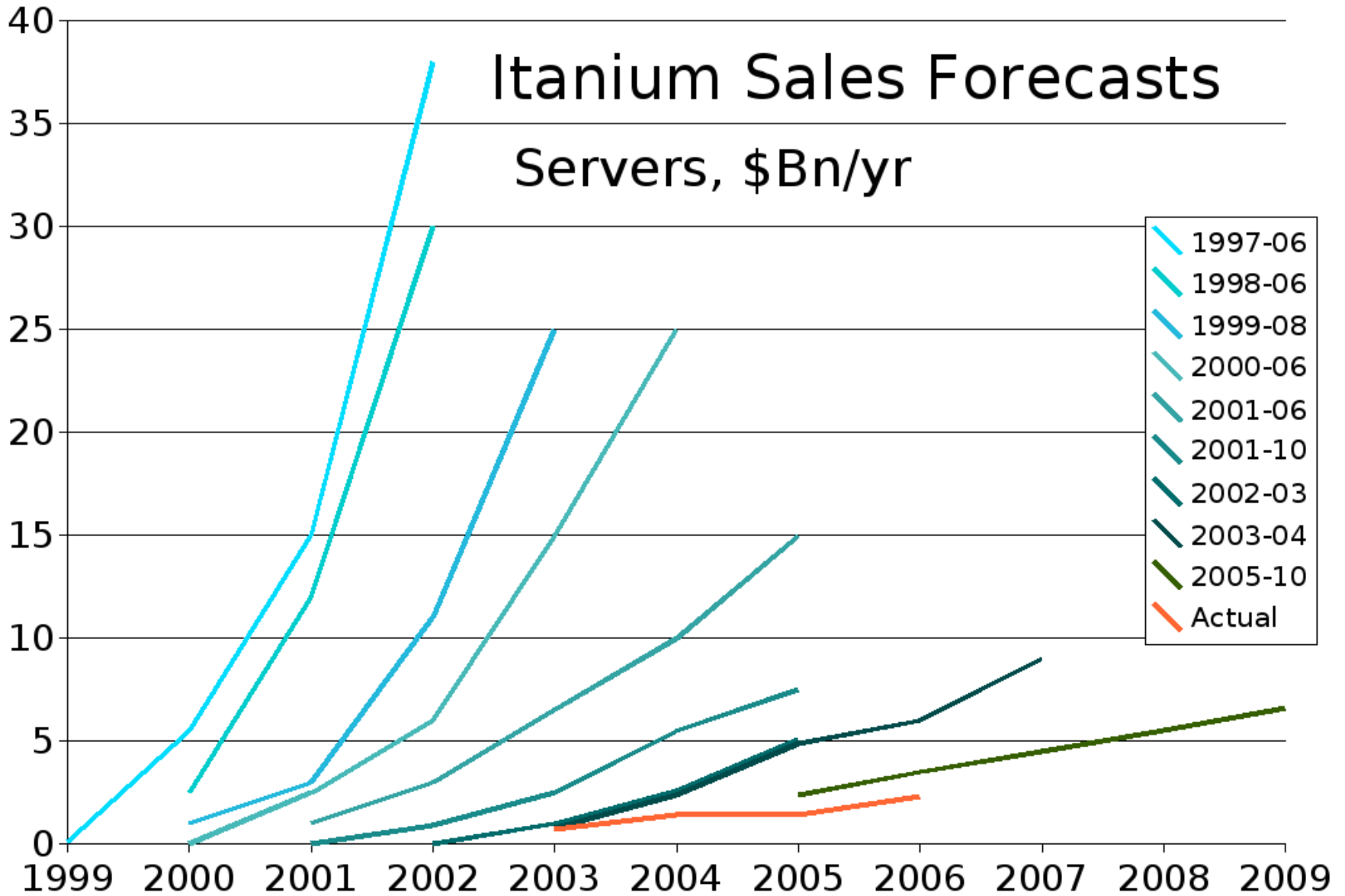
# EPIC fail: Itanium

- Уже в начале 90-х было понятно, что для High-end workstations недостаточно 32-битной архитектуры
  - DEC Alpha — 1992
  - Ultra SPARC — 1993
- Консорциум из Intel, HP начал разработку новой архитектуры
  - Intel рассматривал ее как замену x86

# EPIC

- EPIC — explicitly parallel instruction computing
- Развитие VLIW — very long instruction word
- Идея — упаковывать в инструкцию сразу несколько операций процессора (very long)
- Переложить организацию параллелизма выполнения на компилятор (explicitly parallel)

# Прогнозы продаж



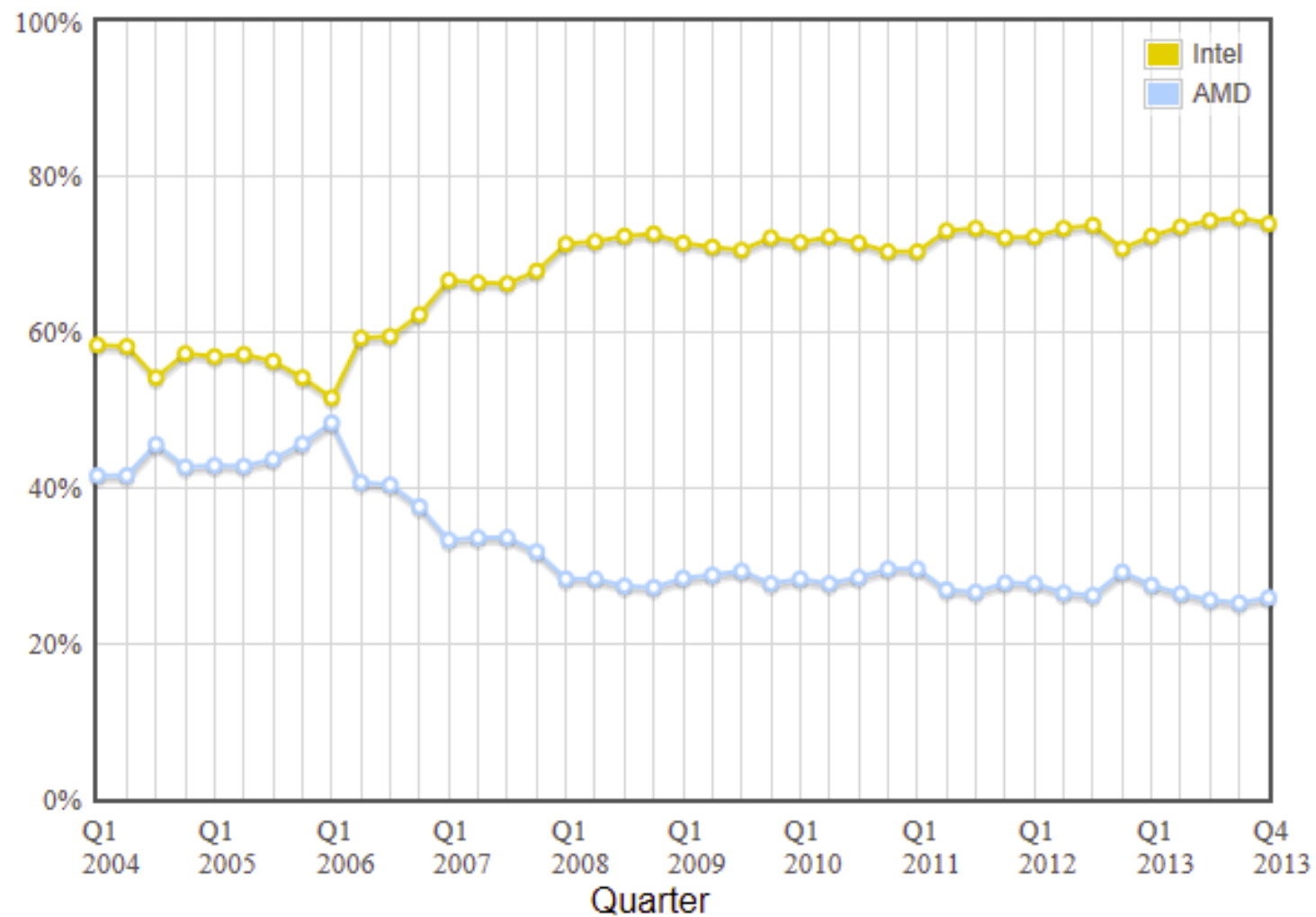
# Проблемы Itanium

- Недостаточная производительность на момент появления по сравнению с конкурентами (Sparc, PPC)
- Несовместимость с x86, низкая производительность при эмуляции
- Недостаточное качество кода, генерируемого компиляторами
- Появление AMD x86

# Intel vs AMD

## AMD vs Intel Market Share

Updated 13th of February 2014

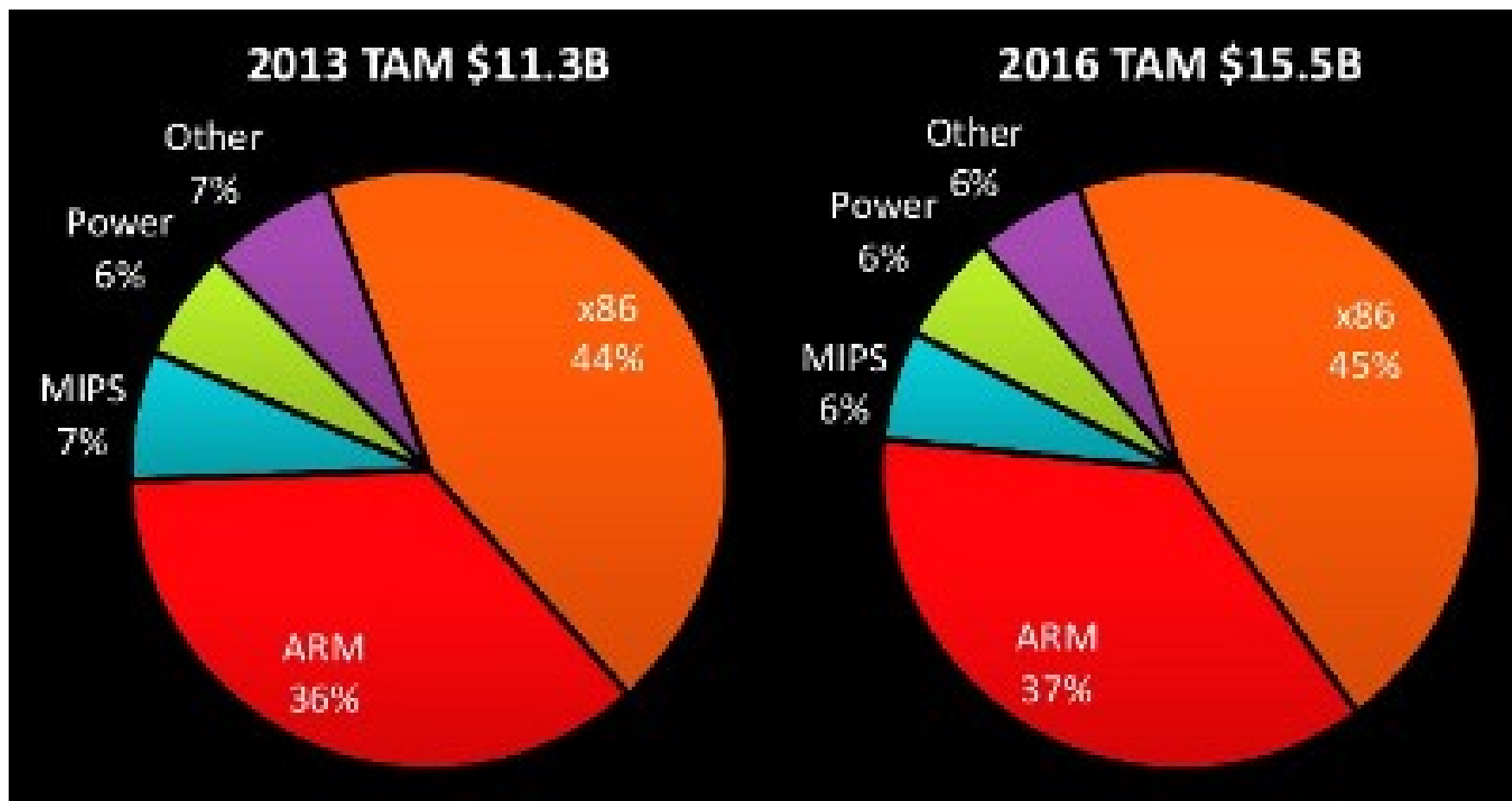




# Смартфоны

- 2007 год — iPhone — использует iOS (производная от Darwin (BSD)), процессор ARM
- 2007 год — Android — ядро Linux, процессор ARM
- Далее бурный рост числа мобильных устройств

# Процессорные архитектуры



# Современный RISC

- ARM — мобильные устройства
- MIPS — Sony PlayStation, PS2, Nintendo 64, домашние маршрутизаторы
- Atmel AVR — микроконтроллеры
- SPARC - суперкомпьютеры

# Особенности RISC

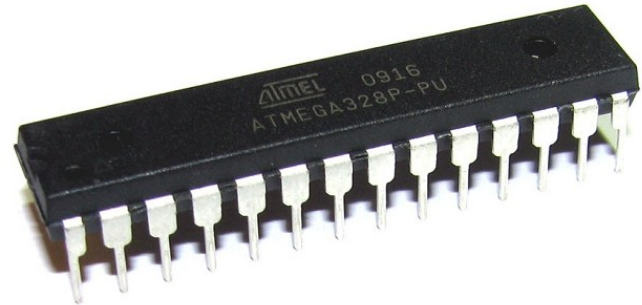
- Мало форматов инструкций — простой декодер инструкций
- Фиксированная длина инструкций
- Однородные РОН, «много» РОН
- Формат операций регистр-регистр
- (Как правило) одна инструкция за цикл
- Ассемблер для компилятора, а не для человека!

# Ключевая характеристика RISC

- Архитектура Load-Store, то есть для выполнения арифметических операций оба операнда должны быть загружены на регистры

# Микроконтроллер

- Процессор
- ОЗУ
- ПЗУ (EEPROM, Flash)
- GPIO
- Коммуникационные интерфейсы (UART, I2C, SPI)
- Таймеры
- АЦП



# System-On-Chip

- Микроконтроллер по характеристикам приближающийся к компьютерам:
  - 512 и более MiB RAM
  - Несколько ядер
  - Интегрированный GPU

# Принципы фон Неймана

- Однородность памяти — команды и данные хранятся в одной памяти
- Адресность — каждая ячейка памяти имеет свой адрес
- Программное управление — инструкции процессора исполняются последовательно
- Двоичное кодирование



# Гарвардская архитектура

- Для команд и данных используются различные шины
- Широко используется в микроконтроллерах