

Лекция 9

Развитие ЭВМ

Исторический обзор

- 1-е поколение (ламповые)
- 2-е поколение (транзисторные)
- 3-е поколение (интегральные схемы)
- 4-е поколение (СБИС)

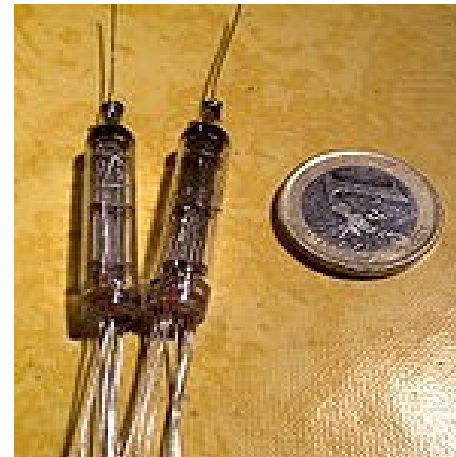
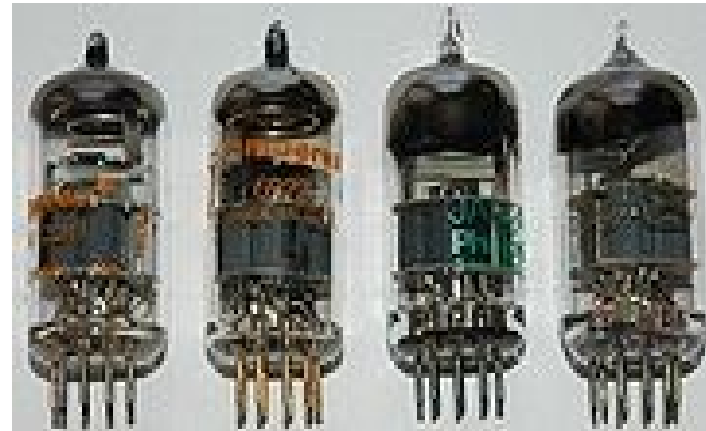
Электронные устройства: ENIAC

- 14.02.1946,
СТОИМОСТЬ ~
\$5000000,
- 17468 ламп
- 5000 оп/сек
- 1 лампа выходила
из строя раз в два
дня, для замены
требовалось 15
мин.



ЭВМ «Стрела»

- 1953 г
- 2000 оп/с,
- 6200 ламп
- Память 2048 43-битных слова
- Ввод с перфокарт, вывод на перфокарты и принтер



Транзисторные ЭВМ: БЭСМ-6

- 1966 г.
- Тактовая частота — 10 МГц
- Быстродействие — 1 млн. оп/сек (6 млн. оп/сек на Байконуре)
- До 32768 48-битных ячеек ОЗУ
- Выпускалась 1968-1987

IBM/360

- Элементная база:
интегральные схемы
- Анонсирована: 7 апреля
1964 года
- Семейство ЭВМ,
совместимых по набору
инструкций и
периферии
- Производительность:
0.034 — 1700 MIPS
- Память: 8 КiB — 8 MiB



Особенности IBM/360

- 8-битный байт
- Память, адресуемая по байтам, а не по словам
- 32-битные слова
- Двоичная арифметика с дополнением до 2
- Стандарт операций с плавающей точкой (предшественник IEEE-754)

PDP-11

- Семейство Мини-ЭВМ
- Выпускалось 1970-1997
- Разрядность — 16 бит, в серии VAX — 32 бита
- Ортогональный набор инструкций
- Общая шина
- 16-битные слова хранятся в порядке младший байт, старший байт (little endian)

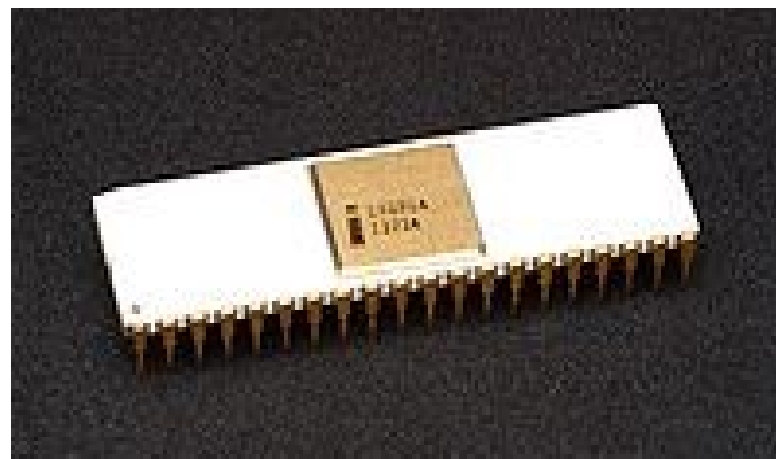
Микропроцессоры на СБИС: Intel 4004

- 1971 год
- 10 мкм (0.01 мм)
pMOS
- 2300 транзисторов
- Такт. Част. 740 КГц
- Произв. 92 000
инстр./сек



Intel 8080

- 1974 год
- Такт. Част. 2 МГц
- До 500 000 оп/сек
- Разрядность 8 бит
- ~6 000 транзисторов
- 6 мкм nMOS



Персональные компьютеры: Apple

- 1976
- Процессор 6502@1МГц
- 4 Кб ОЗУ
- Экран 40x24 символа



Микропроцессоры сегодня

- Intel Xeon Haswell
- Тактовая частота:
3.5 ГГц
- 5 560 000 000
транз.

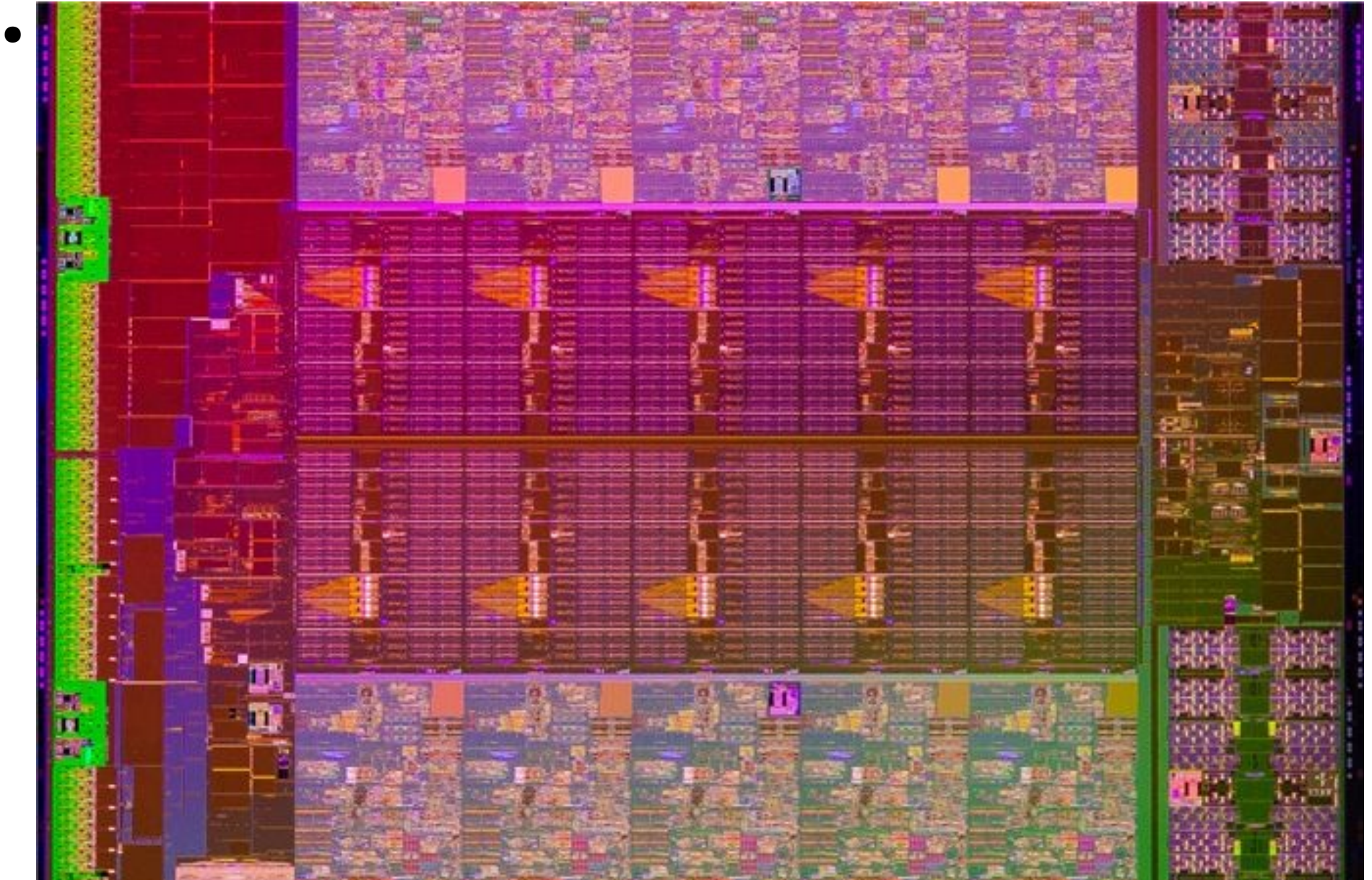


Пример корпуса ИС

- В корпусе — кристалл полупроводника с элементами, к которому подведены контакты



Ivy Bridge processor

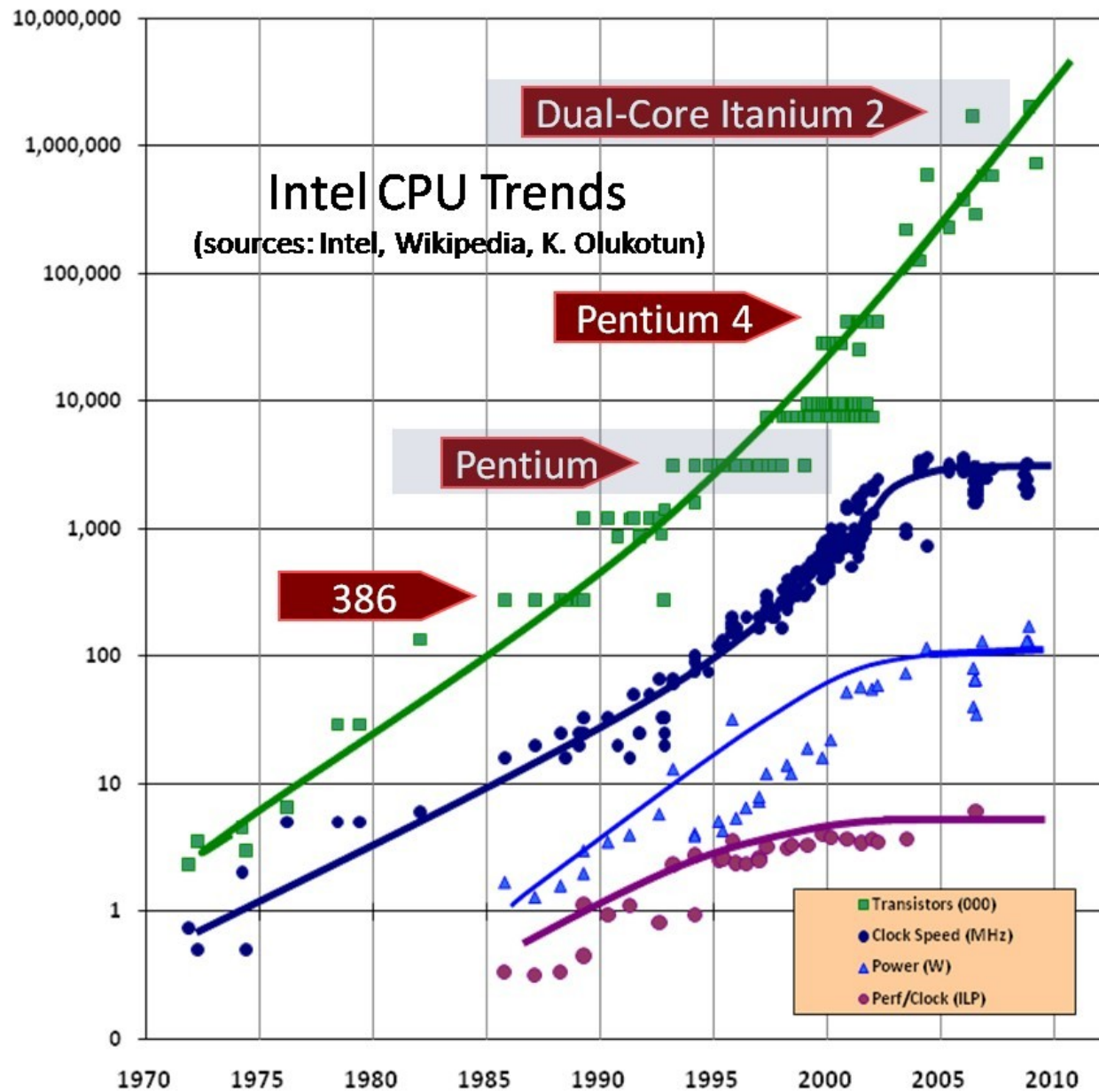


		voltage	power	clock khz	техн. Nm	trans. Cnt	die
1971	i4004	15V	1W	740	10000	2300	12
1974	i8080	+5V, ...	1,3W	2000	6000	6000	
1978	i8086	+5V	2,5W	5000	3000	29000	33
1982	i80286	+5V	3,3W	8000	1500	134000	
1985	i386	+5V	1,5W	16000	1000	275000	
1989	i486	+5V	3,5W	20000	1000	1000000	
1993	Pentium	+5V	14,6W	60000	800	3100000	294
1995	Pentium Pro	+3,3V	35W	166000	500	5500000	307
1997	Pentium II	+2,8V	33W	233000	350	7500000	195
1999	Pentium III	+2,0V		450000	250	9500000	128
2001	Pentium 4	+1,605- 1,75V	48,9W	1300000	180	42000000	217
2004	P 4 Prescott	+1,287- 1,400V	89W	2800000	90	125000000	112
2006	P Core Duo			1860000	65	291000000	143
2008	Core i7				45	731000000	263
2011	Sandy Bridge		130W	3300000	32	2270000000	434
2014	Ivy Bridge		150W	3300000	22	4310000000	541
2015 -	Skylake		~110W	4000000	14	8330000000	485

Обозначения на таблице

- Voltage — напряжение питания
- Power — потребляемая мощность (пиковая)
- Clock — Тактовая частота (кГц)
- Техп. — «техпроцесс», то есть линейный размер одного транзистора на кристалле (нм)
- Trans. Cnt — число транзисторов на кристалле
- Die — площадь кристалла (мм²)

Закон Мура



Характеристики процессоров

- Скорость переключения:
 - $T_f \sim k_1 * C / V$
- Рассеиваемая мощность:
 - $W \sim k_2 * C * V^2 * f$

Российские микропроцессоры

- Baikal-T1 (лицензированный MIPS, 28 нм)
- МЦСТ-R1000 (Sparc, 90 нм)
- Эльбрус-8С (оригинальный VLIW, 28нм)
-
- Производственные мощности:
 - Микрон, Ангстрем (Зеленоград – 90 нм)
 - Производство на Тайване

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

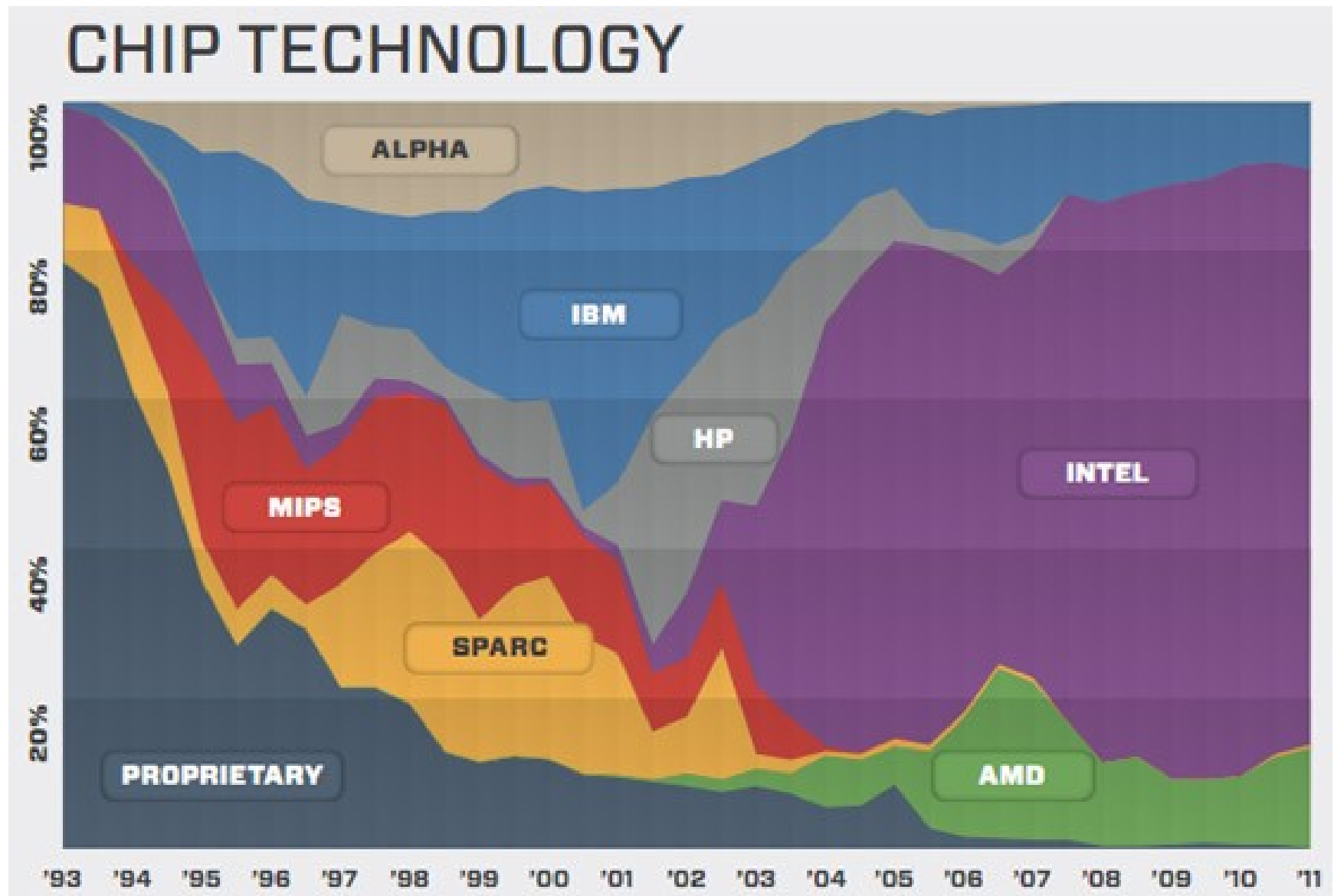
Рабочие станции UNIX

- 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

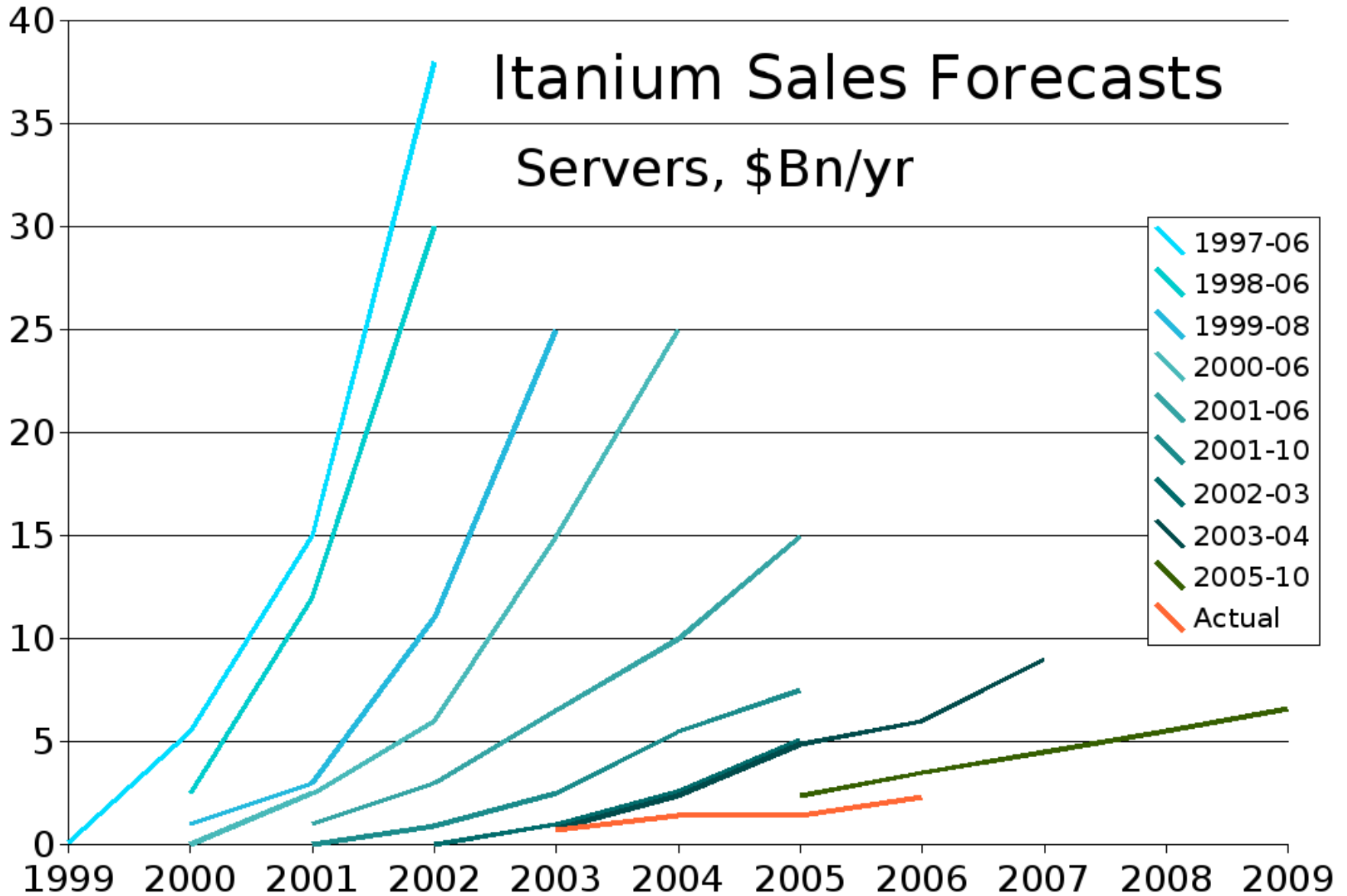
EPIC fail: Itanium

- 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



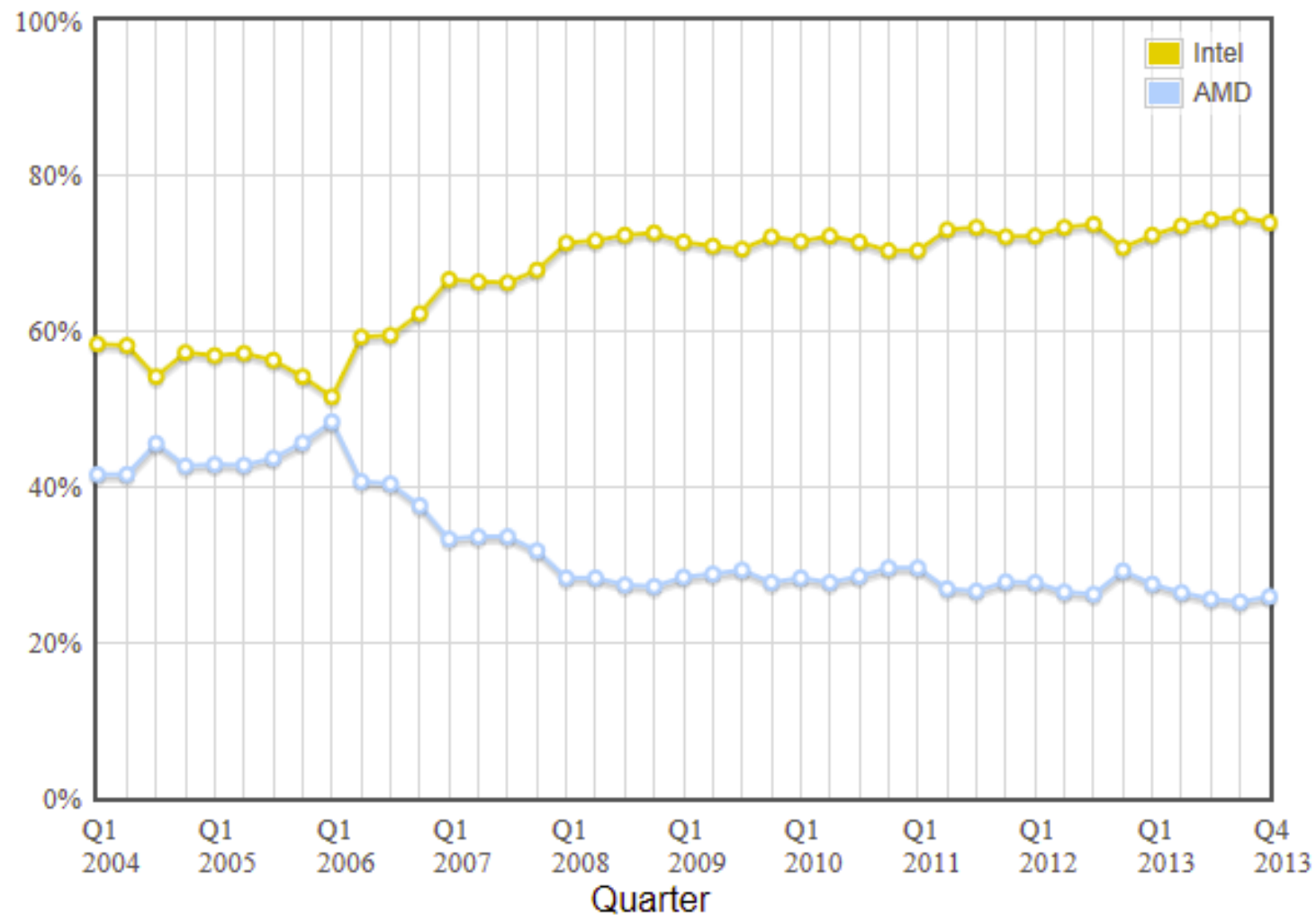
Проблемы Itanium

- 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

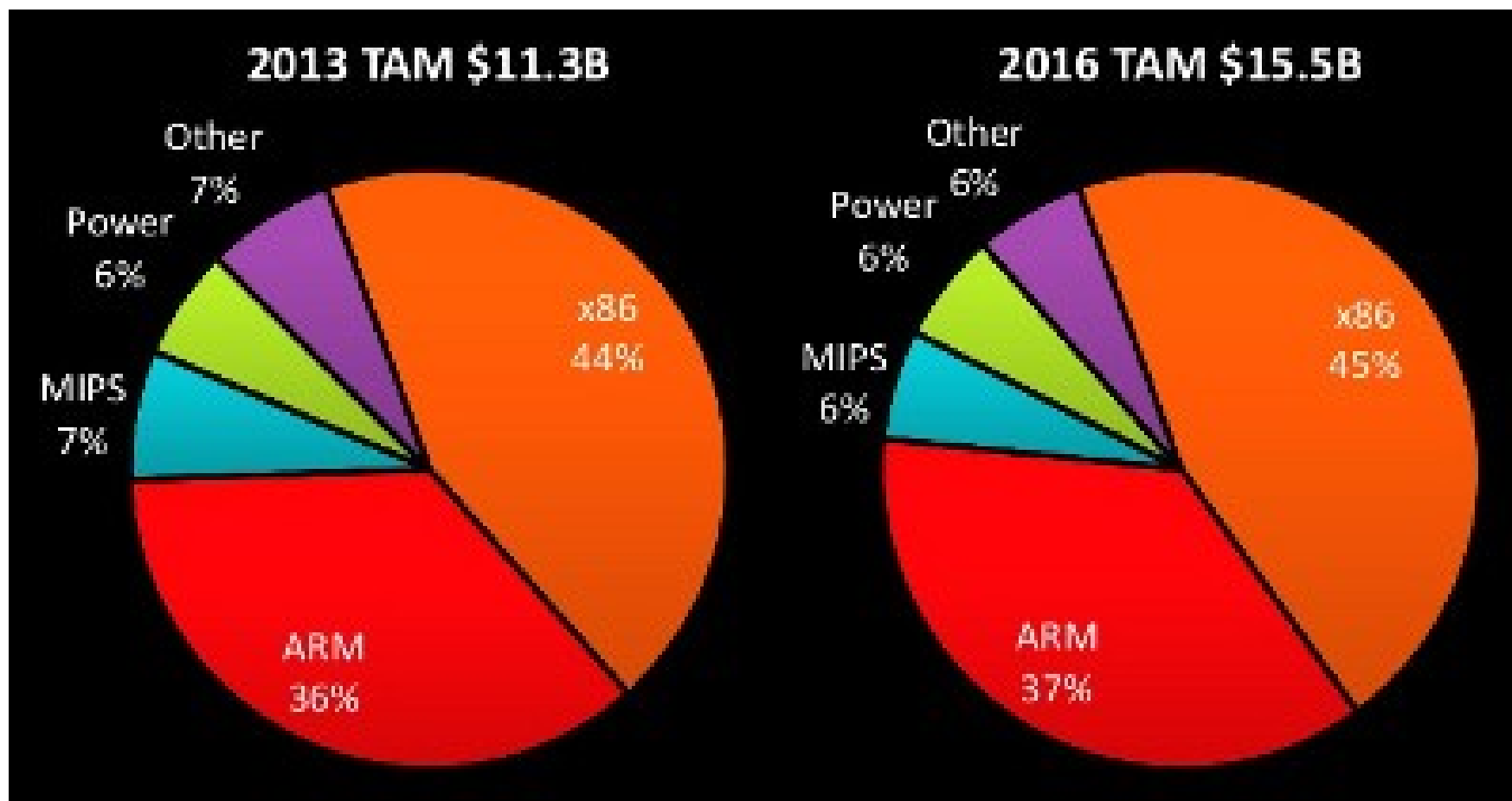
Updated 13th of February 2014



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

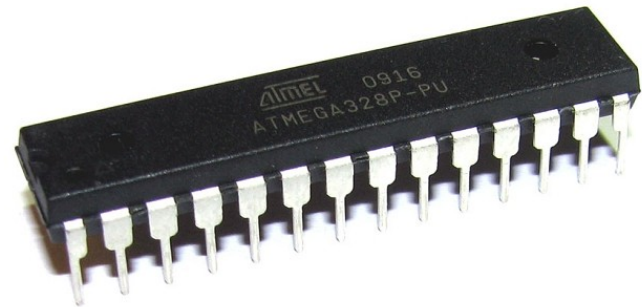


Современный RISC

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

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