

Компютърни архитектури

Лектор:

гл.ас. д-р Юрий Цукровски

Физически факултет

Катедра Радиофизика и електроника

E-mail: youritzu@phys.uni-sofia.bg

Тел.: 02 8161 817

КАРХ: Тема_1: Въведение

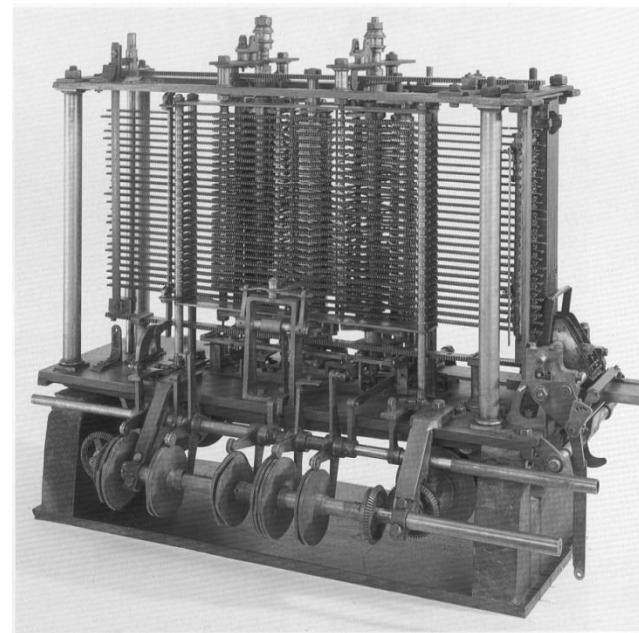
Кратък исторически преглед – предистория на съвременния компютър.

0-во поколение – Механични сметачни машини (Mechanical Computers) (1642-1945)

- Блез Паскал (Blaise Pascal) (1623-1662) – френски учен, на 16 години прави първата работеща сметачна машина (1642), за да помогне на баща си, който събира данъци за френското правителство. Машината е изцяло механична (зъбни предавки) и може само да събира и изважда. В негова чест е наречен програмния език Паскал.
- 30 години по-късно големият немски математик Готфрид Лайбниц (Baron Gottfried Wilhelm von Leibniz) (1646-1716) построява друга машина, която може и да умножава и дели, т.е. аналог на съвременния прост (с 4 функции) джобен калкулатор, но 300 години по-рано.
- След още 150 години професорът по математика от Кембридж Чарлз Бабич (Charles Babbage) (1792-1871), изобретател на скоростомера, проектира и построява своята **разликова машина (difference engine)**. Машината е подобна на тази на Паскал (+/-), но може да пресмята таблици от числа полезни за морската навигация, използвайки зададен единичен алгоритъм – метод на крайните разлики използващ полиноми. Изходните данни се гравирани върху медна плоча със стоманено острие.

КАРХ: Тема_1: Въведение

Постигнатият успех не го задоволява и той отделя много лично време и пари за създаване на нова машина – **analytical engine**. Тя има 4 компонета – памет (store) с 1000 думи с 50 десетични цифри, изчислителен блок (mill), входна секция (punched-card reader) и изходна секция (punched and printed output). Тази механична машина има огромно предимство – може да се програмира, като чете инструкции от перфокарти и ги изпълнява. Това налага създаването на софтуер на простия асемблер на апарата. За тази цел е наета млада жена – Аугъста Ада Лъвлейс (Augusta Ada Lovelace), дъщеря на прочутия британски поет лорд Байрон. Тя се явява първия в света компютърен програмист. На нейното име (Ада) има кръстен език за програмиране. Идеите на Бабиж изпреварват времето си и с право той може да се нарече **дядо** на съвременния компютър.



КАРХ: Тема_1: Въведение

- В края на 30-те години на 20-ти век немският студент по инженерни науки Конрад Зусе (Konrad Zuse) конструира серия автоматични сметачни машини използвайки електромагнитни релета. Започналата Втора световна война го лишава от финансиране, а машините са унищожени при бомбандировките на Берлин през 1944 г.
- Малко по-късно в САЩ върху разработката на калкулатори работят Джон Атанасов (John Atanasoff) в Iowa State College и Джордж Стибиц (George Stibbitz) от Bell Labs. Проектът на Атанасов е авангарден за времето си – използва двоична математика и кондензатори като памет, които периодично се „опресняват“ заради наличието на утечни токове, процес наричан от Атанасов “jogging the memory”. На същия принцип работят съвременните динамични памети (DRAM). За съжаление проектът остава недовършен поради скромните възможности на технологията по това време. Проектът на Стибиц е по-примитивен, но за сметка на това е работещ – демонстриран е на конференция в Dartmouth College през 1940 г. По същото време младият д-р от Харвард Хауард Айкън (Howard Aiken) преоткрива трудовете на Бабич, заменя механичните предавки с релета и получава универсален компютър – Mark I (1944). Паметта е 72 думи с по 23 десетични цифри, време за изпълнение на инструкция – 6 секунди. Информацията се въвежда и извежда от компютъра на перфолента. Следващият - Mark II остава недовършен – релетата отиват в историята. Започва електронната ера...

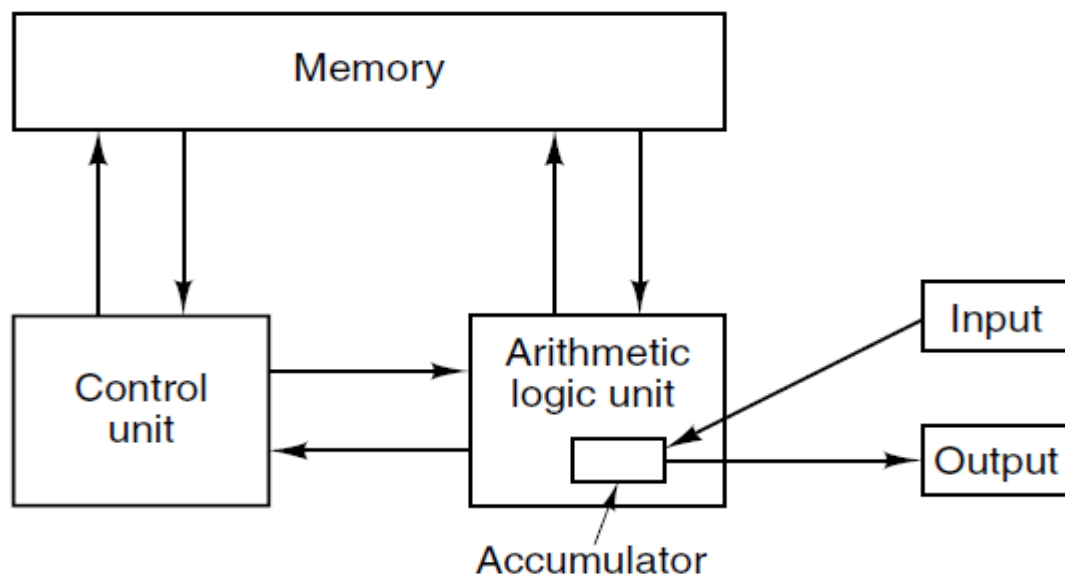
КАРХ: Тема_1: Въведение

1-во поколение – Вакуумни лампи (Vacuum Tubes) (1945-1955)

Развитието на електронния компютър е стимулирано от започването на Втората световна война. Германците използват кодирани съобщения, с помощта на машината ENIGMA, за насочване на своите подводници към техните цели. Британското разузнаване се сдобива с такава машина, но разбиването на кода изисква огромно количество изчисления за много кратко време – до 24 часа. За тази цел е създадена секретна лаборатория, която създава електронен компютър, наречен COLOSSUS (1943). В дизайна ѝ участва британския математик Алън Тюринг (Alan Turing). Проектът е засекретен за 30 години и губи своето значение, но остава в историята като първия в света електронен цифров компютър. В САЩ проф. Джон Моучли (John Mauchley) получава субсидия от армията за създаване на електронен компютър за нуждите на тежката артилерия. Познавайки работите на Атанасов и Стибиц, той и бишшият му студент Екерт (Eckert) създават **ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)**. Той се състои от 18000 вакуумни лампи и 1500 релета, тежи 30 тона и консумира 140 киловата мощност. Завършен е през 1946 г. (след края на войната) и не оправдава целта, за която е създаден, но стимулира разработката на други електронни компютри като EDSAC (1949), JOHNNIAC, ILLIAC, MANIAC, WEIZAC (Israel). Екерт и Моучли създават по-късно собствена компания и се опитват да се патентоват като изобретатели на цифровия компютър. Съдът отхвърля тяхната претенция и обявява Джон Атанасов за създател на цифровия компютър, въпреки че той никога не е патентовал идеите си.

КАРХ: Тема_1: Въведение

Един от участниците в проекта ENIAC е Джон фон Нойман (John von Neumann), който създава в Принстън електронен компютър, наречен **IAS machine**. Фон Нойман е гений от ранга на Леонардо да Винчи – владее много езици, експерт по физика и математика, има феноменална памет. Негова е идеята компютърната програма да се представя с цифров код в паметта на компютъра, както данните. Възприема идеята на Атанасов за използване на двоичната математика в компютрите. Основната заслуга на фон Нойман е създадения дизайн за цифров компютър, който се използва и до днес и се нарича **машина на фон Нойман**.



КАРХ: Тема_1: Въведение

2-ро поколение – Транзистори (1955-1965)

Биполярният транзистор е изобретен в Bell Labs през 1948 г. от Джон Бардин (John Bardeen), Уолтър Братейн (Walter Brattain) и Уилиам Шокли (William Shockley), за което получават Нобелова награда по физика през 1956 г. Това откритие преобръща света на електрониката – само 10 години са достатъчни да изпратят вакуумните лампи в миналото. Първият транзисторен компютър е направен в Lincoln Laboratory на М.И.Т. И е наречен **TX-0 (Transistorized eXperimental computer 0)** (16-битов), който е последван от TX-2. Един от инженерите в лабораторията – Кенет Олсън (Kenneth Olsen) основава собствена компания – **DEC (Digital Equipment Corporation)**, която пуска на пазара PDP-1 (1961), първият в света миникомпютър. Той има основна памет от 4096 думи по 18-бита, може да изпълни 200 000 инстр./секунда и струва \$120 000. Една от иновациите в него е видео дисплея с резолюция на екрана 512x512 пиксела. Това позволява създаването на първата в света компютърна игра (Spacewar). Няколко години по-късно на пазара се появява PDP-8 (12-бита) с цена \$16000 , от която са продадени около 50 000 бройки. През 1964 г. на пазара на компютри се появява една малка фирма – **CDC (Control Data Corporation)** с модела си 6600, който е най-бързият в света. Тайната на успеха се крие в усложнената вътрешна структура – увеличен брой суматори, умножители и др., които позволяват изпълнението на няколко инструкции едновременно (паралелна машина), а малки компютри поемат входно-изходните операции. Идеите, вложени в този компютър изпреварват времето си с десетилетия. Дизайнер на 6600 е Сеймор Крей (Seymour Cray), създател на все по-бързите 7600 и Cray-1, наричани днес **суперкомпютри**.

КАРХ: Тема_1: Въведение

3-то поколение – Интегрални схеми (1965-1980)

Интегралните схеми (ИС) са изобретени от Джек Килби (Jack Kilby) и Роберт Нойс (Robert Noyce), (независимо един от друг) през 1958 г. Това позволява създаването на много транзистори на една силициева подложка (чип). Това дава възможност компютрите да станат по-малки, по-бързи и по-евтини от чисто транзисторните. Преминаването на ИС позволява на една от водещите фирми – IBM да създаде семейство от компютри с име System/360 с различни възможности, но с еднакъв асемблер и да покрие всички сегменти на пазара на компютри. Друга иновация е въвеждането на многозадачност (**multiprogramming**), т.е. наличието на няколко програми едновременно в паметта на машината, с което се уплътнява работата на процесора. Това е и първата машина която емулира работата на други компютри (по-стари версии на IBM), тъй като използва микропрограмиране. На пазара на миникомпютрите се появява PDP-11 (16-бита), наследник на PDP-8 (12-бита). Наблюдава се обща тенденция за увеличаване на използваната памет и недостиг на адресно пространство, който става все по-осезателен.

КАРХ: Тема_1: Въведение

4-то поколение – Много висока степен на интеграция (VLSI) (1980-?)

След 1980 г. се появяват ИС с **VLSI (Very Large Scale Integration)**, които в началото съдържат десетки хиляди, преминават през стотици хиляди, за да достигнат до милиони транзистори на единичен чип. Компютрите се смаляват като габарит, а цената им рязко пада и стават достъпни за закупуване от индивидуални клиенти – започват ерата на персоналния компютър. Първите персонални компютри се продават на части, тип „направи си сам“ – печатна платка, набор от чипове (обикновено включващ Intel 8080), кабели и захранване и...никакъв софтуер! Едва по-късно Гари Килдал (Gary Kildall) създава операционната система CP/M, станала популярна с тези компютри. По същото време Стив Джобс (Steve Jobs) и Стив Возняк (Steve Wozniak) създават легендарния Apple в един гараж, както и по-късния Apple II, който става много популярен като домашен и училищен компютър, със сериозни пазарни позиции. Това принуждава лидера на пазара – IBM да направи рязък завой в своята политика – избира за процесор Intel 8088 и с части от свободния пазар създава IBM PC. Компютърът е представен през 1981 г. и става най-добре продавания в историята. Но IBM допуска грешка, за която по-късно съжалява – публикува пълната документация на компютъра в книга и я пуска на пазара за \$49. Това позволява на други компании да направят клонинги на IBM PC, които да продават на по-ниски цени и...пазарът е зает от компютри. Останалите компании, които не използват процесори на Intel, като Commodore, Apple и Atari са притиснати до стената. Много от тях не оцеляват...Оцелява Apple Macintosh (1984), наследник на Apple Lisa – първият компютър с графичен потребителски интерфейс – **GUI (Graphical User Interface)**.

КАРХ: Тема_1: Въведение

България в компютърния свят.

В началото на 80-те години България разполага с относително добре развита електронна промишленост, даваща възможност за развойна дейност, производство на изделия и износ на промишлена електроника. За това способстват изградените заводи за: резистори (Айтос), кондензатори (Кюстендил), високоговорители (Благоевград), полупроводникови елементи и интегрални схеми (Ботевград, ИМЕ – София). Тази материална база и наличието на висококвалифициран инженерен персонал позволява страната успешно да се интегрира със страните в рамките на СИВ (Румъния, Унгария, Чехо-словакия, Полша, ГДР и СССР) в производството на компютри за нуждите на общността (вносят на оригинални компютри е силно затруднен). След появата на Apple I (1976) е решено България да започне производство на персонални компютри. Изградени са Комбинат по МикроПроцесорна Техника (КМПТ) (Правец), Завод за Гъвкави Магнитни Дискове (ЗГМД) (Пазарджик), завод за Дискови Запомнящи Устройства (ДЗУ) (Стара Загора). Първите български персонални компютри се появяват в началото на 80-те години:

- ИМКО-2 (Индивидуален МикроКомпютър-2) е в зелен метален корпус с черно-бял монитор (тип военно изпълнение);
- Правец-82 (1983) е в пластмасов корпус със зелен монохромен монитор.

И двата модела са копия (клонинги) на Apple II. Докато в хардуера има малки разлики, софтуера е копиран 100%.

КАРХ: Тема_1: Въведение

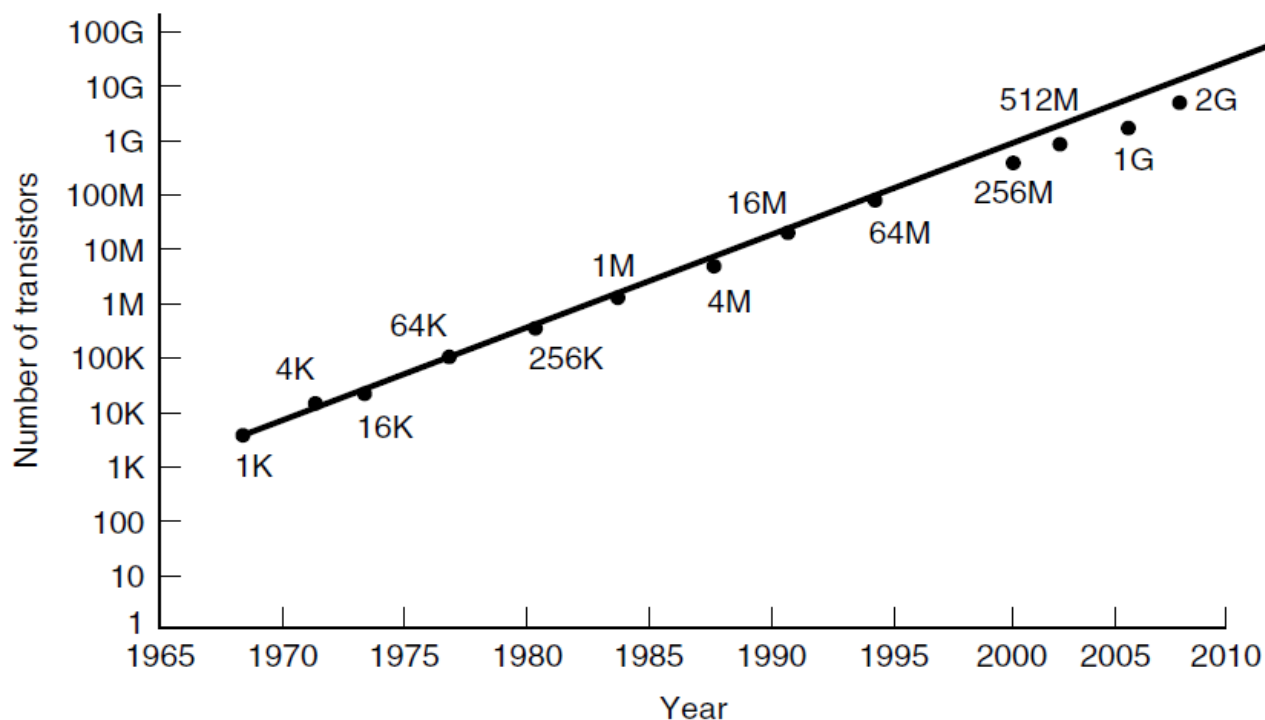
Следващите членове на фамилията са Правец-8Д (1985), Правец-8М (1986), Правец-8А (1987), които са модификации на основния модел Правец-82.

Всички те са 8-битови и въпреки широката им популярност са вече „демоде“ – актуални са 16-битовите машини. Започва производството на Правец-16 в две модификации ХТ и АТ (аналози на IBM PC XT и IBM PC AT) в завода в Стара Загора. След разпада на СИВ и промените през 1989 г. в България започва внос на компютри с по-високи показатели и производството на родни компютри запада. След приватизацията заводите за разграбени и унищожени. Почти цялата електронна промишленост загива...

КАРХ: Тема_1: Въведение

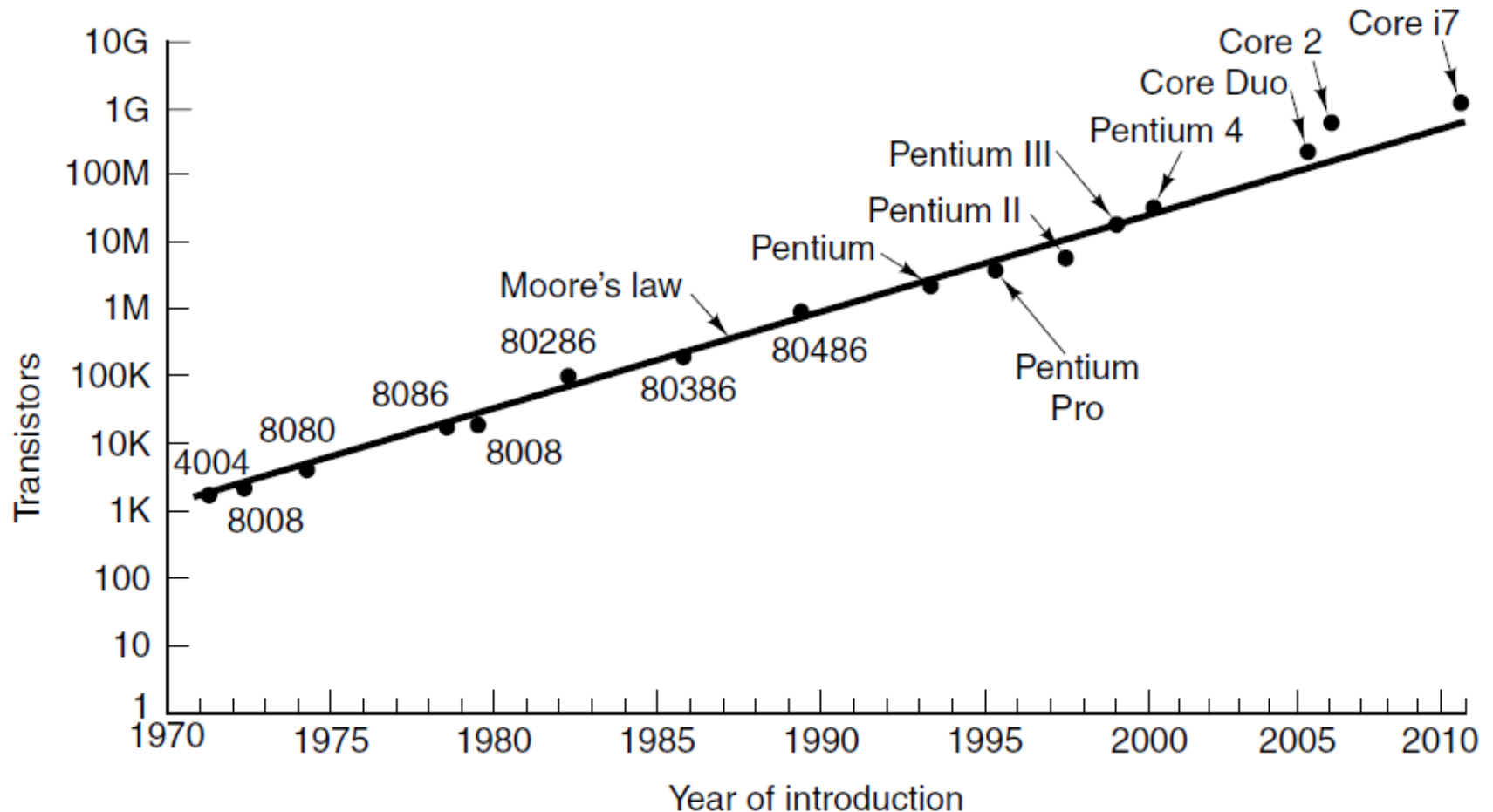
Съвременно състояние.

Закон на Муур. Бурното развитие компютърната индустрия през последните десетилетия е пряко свързано с увеличаването на степента на интеграция на ИС, използвани в компютърните системи (броят на транзисторите в един чип). Това се вижда най-добре при паметите и процесорите. Гордън Муур (Gordon Moore), съ-основател и бивш президент на Intel, забелязва че броят на транзисторите нараства с постоянна скорост през годините, като на всеки 18 месеца броят им се удвоява, т.е. нарастването е с 60% на година. Това наблюдение е наречено **Закон на Муур**.



КАРХ: Тема_1: Въведение

Закон на Муур при процесорите на Intel



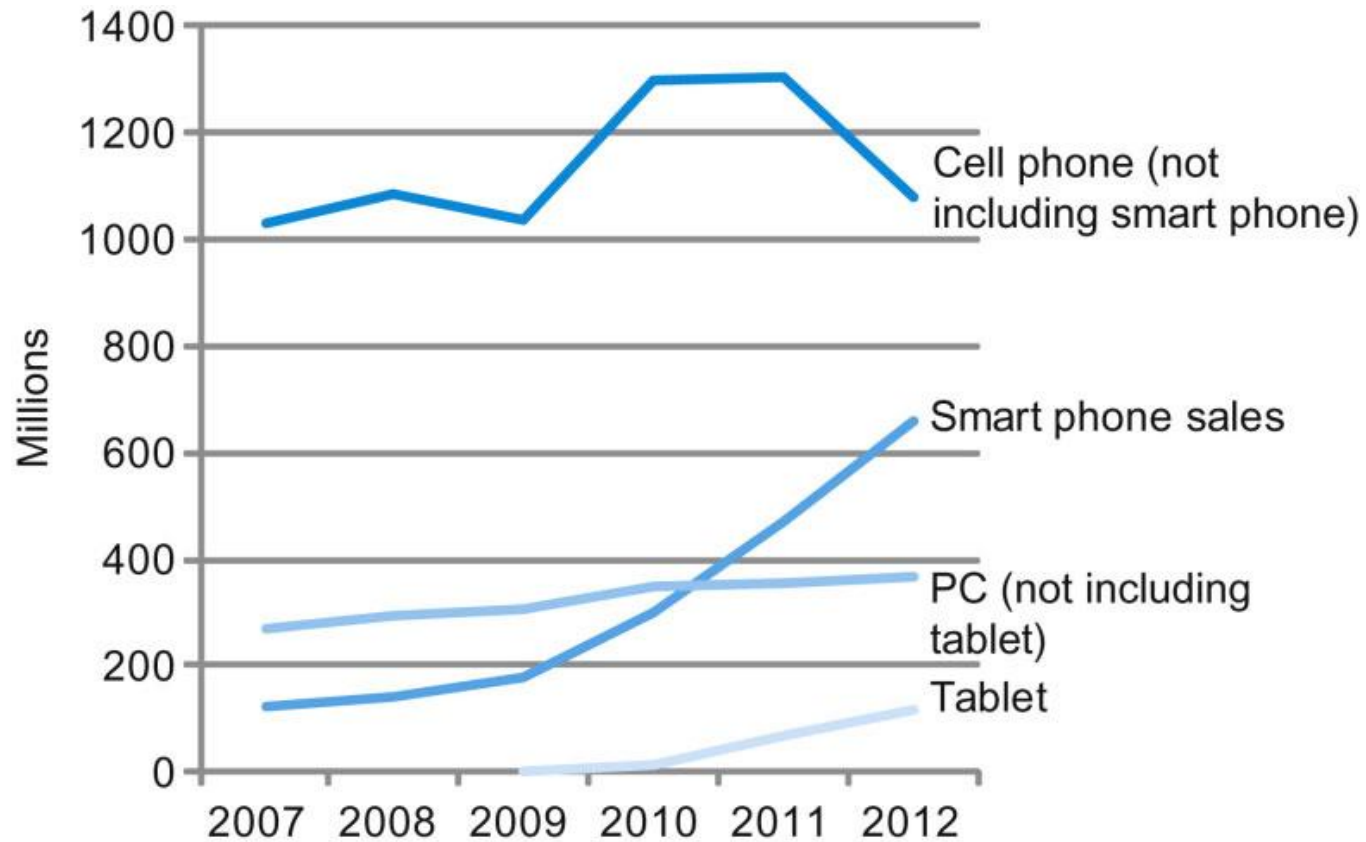
КАРХ: Тема_1: Въведение

Видове компютри:

- За еднократна употреба – пеещи картички, RFID (Radio Frequency Identification) чипове.
- Микроконтролери – вграждат се и управляват най-различни устройства – бяла и черна техника, медицински и военни изделия, автомобили и т.н.
- Мобилни и игрови компютри – смартфони, таблети, игрови машини
- Персонални компютри – Desktop, Laptop, Notebook, iPad
- Сървери – Персонални компютри и работни станции, използвани главно за обслужване на мрежи.
- Клъстери – Група от сървери, свързани в мрежа и организирани да работят като един голям компютър.
- Warehouse-scale computer – представлява гигантски клъстер от десетки хиляди сървери, използвани за интернет-услуги като: търсачки, социални мрежи, видео-споделяне, търговия, облачни услуги и др.
- Суперкомпютри – за научни, медицински и военни цели.

КАРХ: Тема_1: Въведение

Разпределение по производство на основните видове компютри – PostPC era



КАРХ: Тема_1: Въведение

Feature	Personal mobile device (PMD)	Desktop	Server	Clusters/warehouse-scale computer	Embedded
Price of system	\$100–\$1000	\$300–\$2500	\$5000–\$10,000,000	\$100,000–\$200,000,000	\$10–\$100,000
Price of micro-processor	\$10–\$100	\$50–\$500	\$200–\$2000	\$50–\$250	\$0.01–\$100
Critical system design issues	Cost, energy, media performance, responsiveness	Price-performance, energy, graphics performance	Throughput, availability, scalability, energy	Price-performance, throughput, energy proportionality	Price, energy, application-specific performance

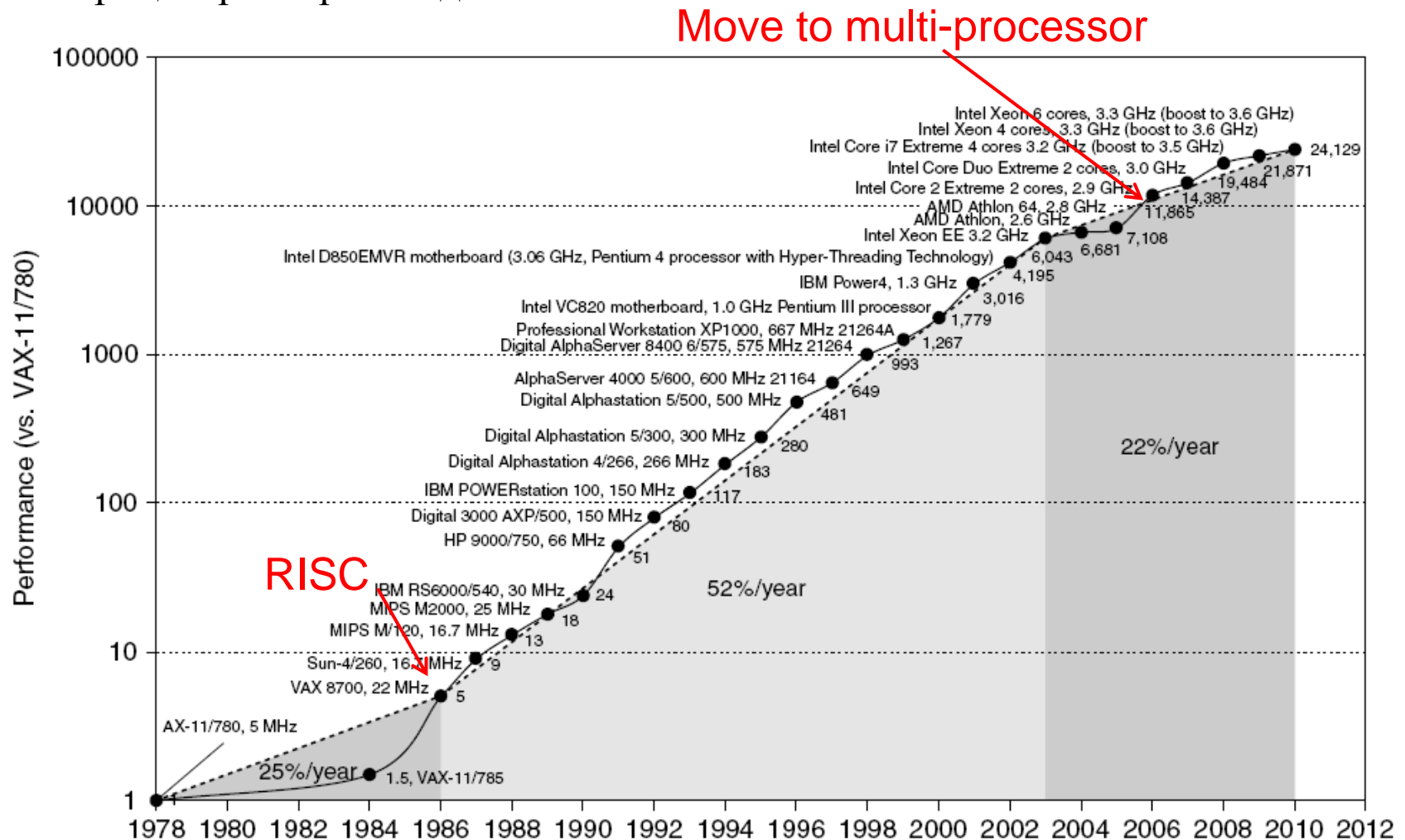
Figure 1.2 A summary of the five mainstream computing classes and their system characteristics. Sales in 2010 included about 1.8 billion PMDs (90% cell phones), 350 million desktop PCs, and 20 million servers. The total number of embedded processors sold was nearly 19 billion. In total, 6.1 billion ARM-technology based chips were shipped in 2010. Note the wide range in system price for servers and embedded systems, which go from USB keys to network routers. For servers, this range arises from the need for very large-scale multiprocessor systems for high-end transaction processing.

Figure 1.2 A summary of the five mainstream computing classes and their system characteristics. Sales in 2015 included about 1.6 billion PMDs (90% cell phones), 275 million desktop PCs, and 15 million servers. The total number of embedded processors sold was nearly 19 billion. In total, 14.8 billion ARM-technology-based chips were shipped in 2015. Note the wide range in system price for servers and embedded systems, which go from USB keys to network routers. For servers, this range arises from the need for very large-scale multiprocessor systems for high-end transaction processing.

КАРХ: Тема_1: Въведение

Тенденции и проблеми в развитието на основните компютърни компоненти

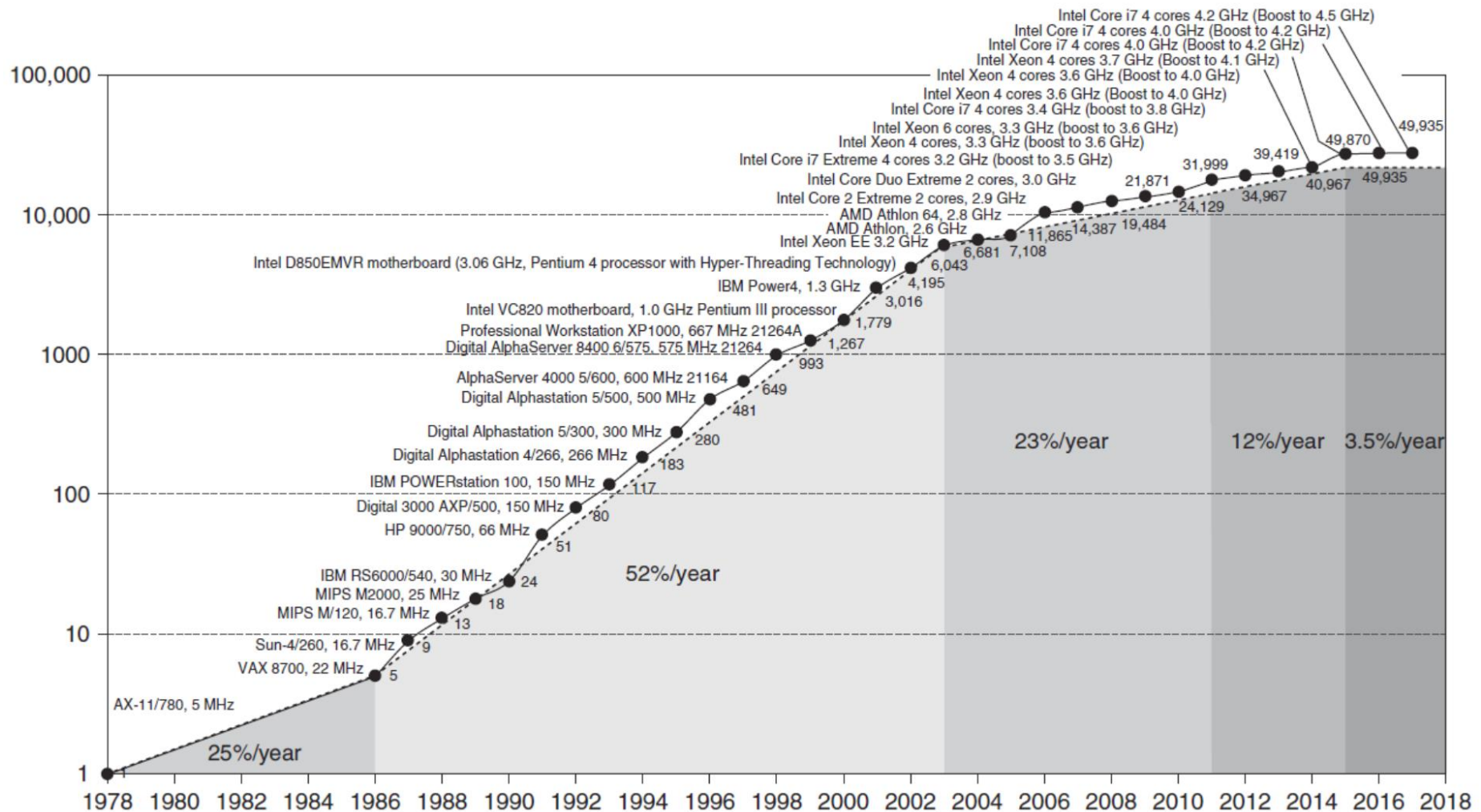
- Процесори - производителност



КАРХ: Тема_1: Въведение

Тенденции и проблеми в развитието на основните компютърни компоненти

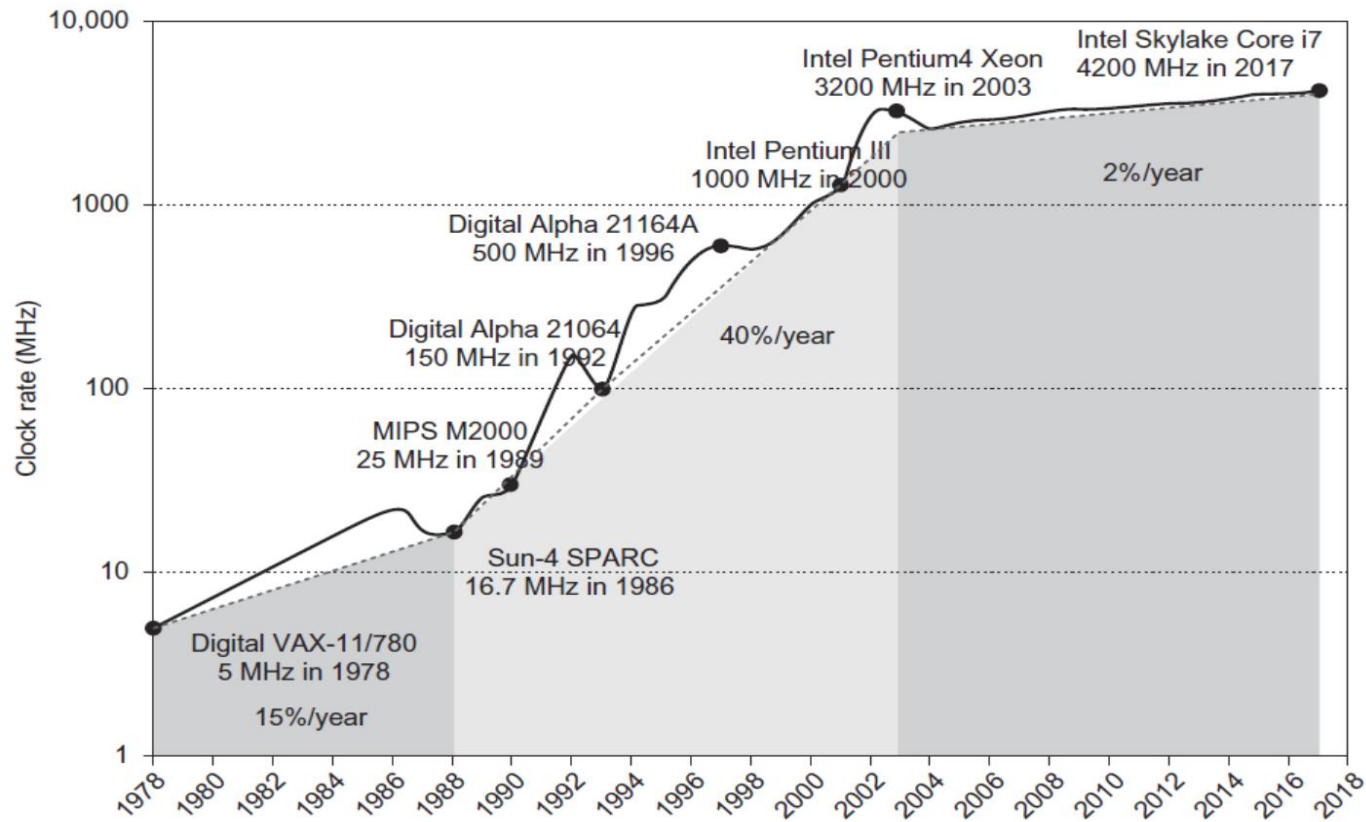
- Процесори - производителност



КАРХ: Тема_1: Въведение

Тенденции и проблеми в развитието на основните компютърни компоненти

- Процесори – тактова честота

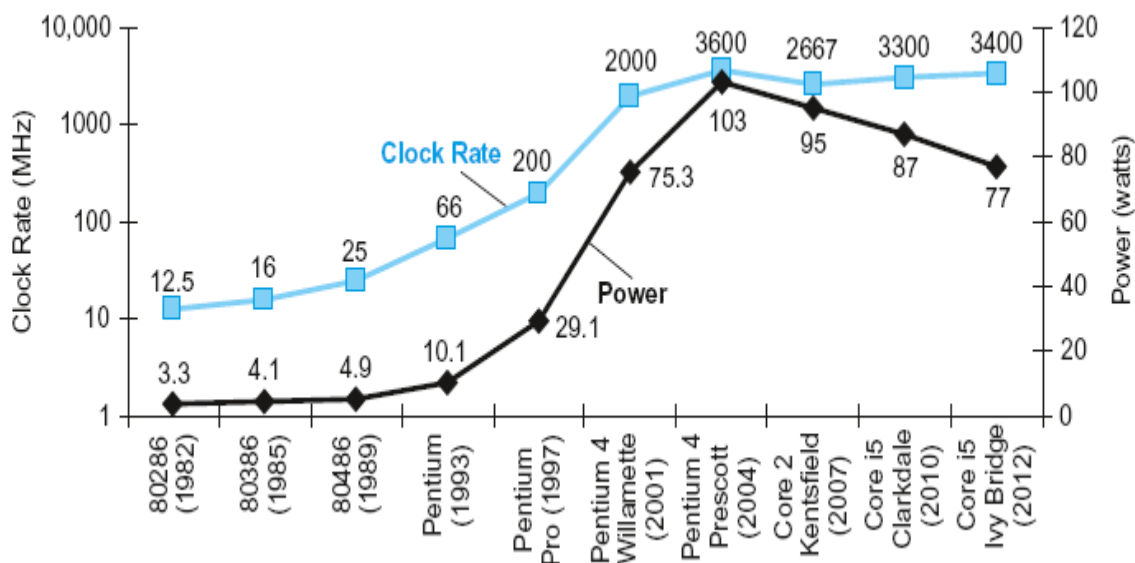


КАРХ: Тема_1: Въведение

Тенденции и проблеми в развитието на основните компютърни компоненти

- Процесори – разсейвана мощност

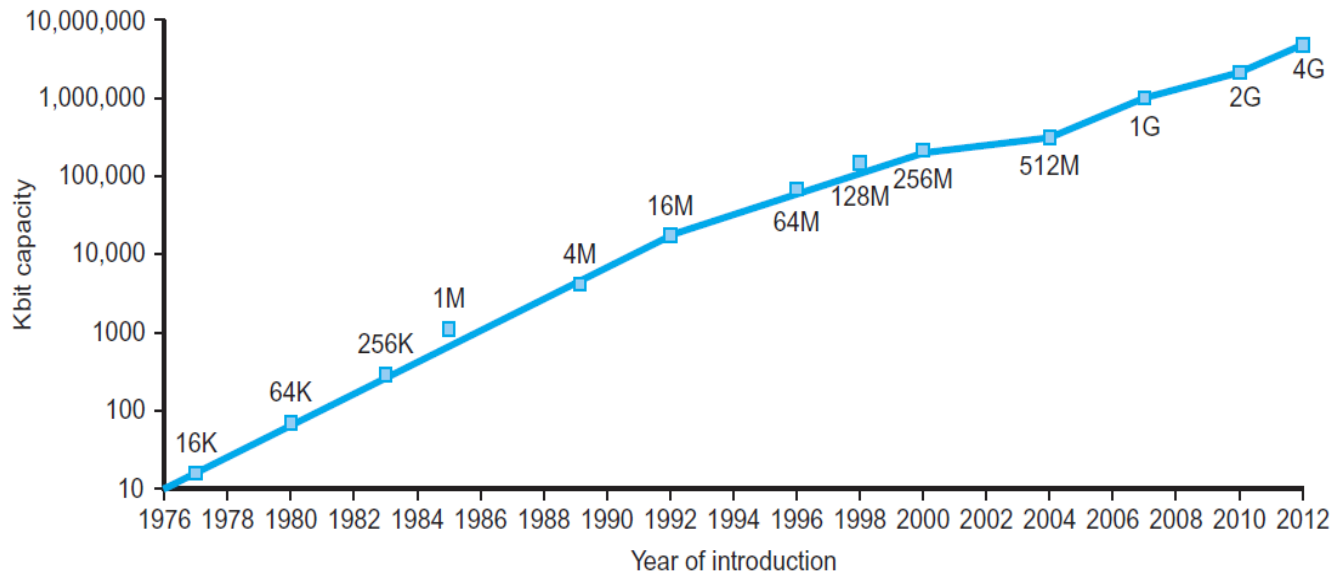
- Intel 80386
консумира ~ 4 W
- 3.3 GHz Intel
Core i7
консумира 130 W
- Топлината
трябва да се
разсейва от
1.5 x 1.5 cm chip
- Това е границата,
до която може да
се използва
въздушно
охлаждане



КАРХ: Тема_1: Въведение

Тенденции и проблеми в развитието на основните компютърни компоненти

- Памет – DRAM



Electronics technology continues to evolve

- Increased capacity and performance
- Reduced cost

Year	Technology used in computers	Relative performance/unit cost
1951	Vacuum tube	1
1965	Transistor	35
1975	Integrated circuit	900
1995	Very large-scale integrated circuit	2,400,000
2013	Ultra large-scale integrated circuit	6,200,000,000

КАРХ: Тема_1: Въведение

Изводи:

- Почти е достигнат прагът на възможностите за растеж на производителността;
- Трябва да се търсят нови материали;
- Необходими са оптимизация на архитектурата и хардуерните ресурси;

Търсене на решение – **8 основни идеи:**

- Отчитане на **закона на Муур**
(Design for *Moore's Law*)
- Използване на **абстракция** за опростяване на дизайна
(Use *abstraction* to simplify design)
- Прави **общите неща бързо**
(Make the *common case fast*)
- Производительност **чрез паралелизъм**
(Performance via *parallelism*)
- Производительност **чрез конвейер**
(Performance via *pipelining*)
- Производительност **чрез предсказване**
(Performance via *prediction*)
- Използване **йерархия** на паметта
(*Hierarchy* of memories)
- Осигуряване на **надеждност** чрез излишък
(*Dependability* via redundancy)



КАРХ: Тема_1: Въведение

Как да се справим със сложността в компютърните архитектури? – По три начина:

1. **Абстракция** ---->
2. **Дисциплина** – умишлено ограничаване при избора на дизайн
3. **Спазване на трите принципа:**
(The Three –y's)
 - **Йерархия** (Hierarchy) – разделяне системата на модули и подмодули.
 - **Приспособяване** (Modularity) – използване на добре дефинирани функции и интерфейси.
 - **Редовност** (Regularity) – окуражаване на еднотипността на модулите, с цел повторната им употреба.

Абстракция – скриване на детайлите, когато те не са важни

