

Лекция 1. Эволюция развития и современное состояние вычислительной техники

Основные вопросы:

- 1.1. Краткий исторический обзор.
- 1.2. Поколения ЭВМ. Эволюция информационных технологий.
- 1.3. Развитие средств вычислительной техники на современном этапе.

1.1. Краткий исторический обзор

Начнем обзор с упоминания двух событий, произошедших до нашей эры: **первые счеты — абак**, изобретенные в древнем Вавилоне за 3000 лет до н. э., и их более «современный» вариант с косточками на проволоке, появившийся в Китае примерно за 500 лет также до н. э.

Начало XVII века — появление первой механической машины, способной производить 4 арифметических действия.

В **1623 г. В Шиккард** (1542—1635) изобрел машину, которая не только суммировала, но и частично умножала и делила. Об этой машине мало что известно.

Более известен настольный арифмометр, созданный в **1642 г.** великим **французским философом и ученым Б.Паскалем** (1623—1662). Ему пришла идея механизировать канцелярские расчеты, которые производил его отец, бывший муниципальным инспектором по налогам.

В **1671 г.** немецкий философ и математик **Г.Лейбниц** (1646—1716) создал «**зубчатое колесо Лейбница**», выполнявшее 4 арифметических действия.

XIX век был веком «значительных» вычислений, выполняемых вручную, — это и составление таблиц логарифмов, и расчеты в астрономии и др.

Задавшись целью автоматизировать процессы создания таких таблиц, **английский математик Ч.Бэббидж** (1791—1871) начал работать в 1821 году над проектированием «разностной машины». По его замыслу эта машина с зубчатыми колесами должна была вычислять значения полиномов. Приводить в движение машину предполагалось с помощью парового двигателя. Однако реализовать эту машину не удалось.

Новая счетная **машина Бэббиджа** получила название «**аналитическая**» и в **1834 г.** он изложил ее основные принципы. Эта машина впервые была применена в ткацком станке с перфокарточным управлением. На одном станке можно было ткать ткани с различными узорами в зависимости от комбинации отверстий на перфокартах.

По замыслу Бэббиджа такая машина должна была автоматически выполнять различные вычисления при последовательном вводе набора перфокарт, содержащих команды и данные.

Аналитическая машина — это программируемая автоматическая ВМ с последовательным управлением, содержащая арифметическое устройство и память.

Меценат проекта — графиня **Ада Августа Лавлейнс (1815—1852)** — дочь лорда Байрона — была программисткой этой ВМ. В ее честь назван язык

программирования АДА. Реализация машины завершилась лишь на экспериментальной стадии.

К заслуживающим внимание отличительным чертам аналитической машины следует отнести появление *команды условного перехода*.

Во второй половине XIX века **Г.Холлерит** (1860—1929) **разработал машину с перфокарточным вводом**, способную автоматически классифицировать и составлять таблицы данных. Эта машина использовалась в 1890 г. в США при проведении переписи населения. Наличие – отсутствие отверстия в перфокарте обнаруживалось электрическими контактными щетками, а в счетчиках применялись реле.

В 1896 г. **Холлерит** основал фирму, которая явилась предшественником IBM¹ (название IBM возникло в 1924 г.). Перфокарты, используемые в этой переписи населения, были применены впоследствии фирмой IBM.

В Германии в 1938 г. **К.Цузе** (1910—1995) создал механическую вычислительную машину Z1. В ней впервые были использованы двоичные числа.

США 1944 г., **Г.Айкен** (1900—1973) спроектировал универсальную машину, которая появилась на свет при содействии фирмы IBM. Она называлась Mark-I. На проект машины оказали влияние идеи Бэббиджа, поэтому она оперировала десятичными числами.

Скорость вычислений в механических машинах и в машинах на электромеханических реле была не высока, поэтому в 30-х годах начались разработки электронных вычислительных машин (ЭВМ), элементной базой которых стала трех электродная вакуумная лампа — триод, изобретенная в 1906 г. **Л.Форостом**.

Первая ЭВМ ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) появилась в 1946 г. и была разработана в университете г. Пенсильвания под руководством **Дж.Маушли** и **Дж. Эккерта**. Разработка началась в 1943 г. и закончилась в 1946 г.

Машина весила 30 т, занимала площадь 200м², содержала 18 тыс. ламп и потребляла мощность 140 квт., использовала десятичные операции и ее *программирование осуществлялось путем установки переключателей и коммутации разъемов*.

При этом на программирование уходило много времени, и еще вставала проблема с многочисленными ошибками.

Джон фон Нейман (1903—1957), являвшийся в то время консультантом проекта ENIAC, предложил записывать алгоритм вычислений в память вместе с данными так, чтобы содержимое его можно было свободно изменять вместе с данными. Этот принцип получил название «*Принцип хранимой программы*».

Дж. Фон Нейман выделил и детально описал 5 ключевых компонентов того, что сейчас называют «Архитектура фон Неймана» современного компьютера.

Компьютер для обеспечения критериев эффективности и универсальности должен включать в себя следующие компоненты:

¹ International Business Machine

1. Центральное арифметико-логическое устройство (АЛУ);
2. Центральное устройство управление (УУ);
3. Запоминающее устройство (ЗУ);
4. Устройство ввода информации;
5. Устройство вывода информации.

На рис. 1.1. представлена архитектура компьютера, предложенная Дж. Фон Нейманом, которая должна *работать с двоичными числами*, быть *электронной* и *выполнять операции последовательно*.

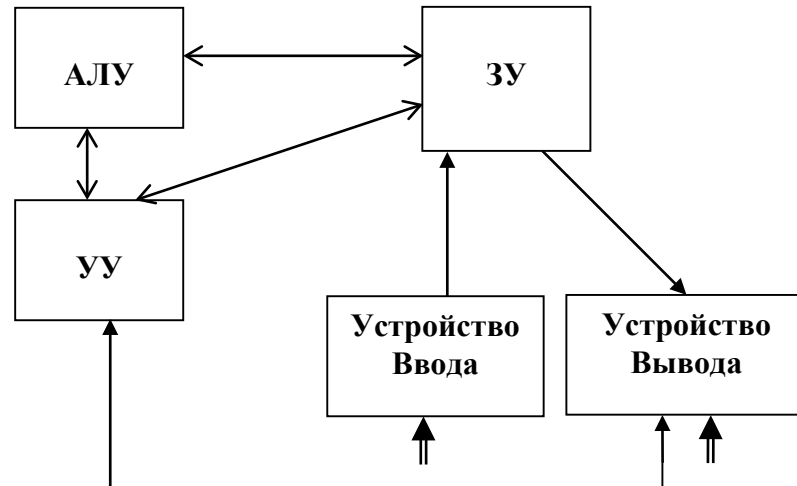


Рис. 1.1. Базовые компоненты архитектуры Фон Неймана

Важнейшие даты развития средств ВТ в России:

1874 г. — русский инженер **Однер В.Т.** изобрел механический арифмометр

1878 г. — акад. **П.Л. Чебышев** изобрел механическую ВМ, которая выполняла арифметические операции: +, -, *, /

1911 г. — Акад. **А.Н. Крылов** предложил ВМ для решения арифметических уравнений

1918 г. — **М. Бонч-Бруевич** изобрел триггер (электронное реле)

1951 г. — создание первой ЭВМ **МЭСМ** (Малая Электронная Счетная Машина) под рук. Акад. С.А. Лебедева (г. Киев, институт Кибернетики).

1955 г. создание машины **БЭСМ** (Быстродействующая Электронная Счетная Машина) в Институте точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР (ИТМВТ) г. Москва. Быстродействие 7—8 тыс. оп/сек.

1.2. Поколения ЭВМ. Эволюция информационных технологий

В качестве узловых моментов, определяющих появление нового поколения ВТ, обычно выбираются **революционные идеи** или **технологические прорывы**, кардинально изменяющие дальнейшее развитие средств автоматизации вычислений. Одной из таких идей принято считать **концепцию вычислительной машины с хранимой в памяти программой**, сформулированную Джоном фон Нейманом.

Взяв ее за точку отсчета, историю развития ВТ можно представить в виде трех этапов:

- *донеумановского периода;*
- *эры вычислительных машин и систем с фон-неймановской архитектурой;*

- *постнеймановской эпохи — эпохи параллельных и распределенных вычислений*, где наряду с традиционным подходом все большую роль начинают играть отличные от фон-неймановских принципы организации вычислительного процесса.

Значительно большее распространение, однако, получила привязка поколений к смене технологий. Принято говорить о «механической» эре (нулевое поколение) и последовавших за ней пяти поколениях ВС.

Первые четыре поколения традиционно связывают с элементной базой вычислительных систем: электронные лампы, полупроводниковые приборы, интегральные схемы малой степени интеграции (ИМС), большие (БИС), сверхбольшие (СБИС) и ультра большие (УБИС) интегральные микросхемы.

Нулевое поколение (1492—1945) было рассмотрено разделе 1.1.

«Механическая» эра (нулевое поколение) в эволюции ВТ связана с механическими, а позже — электромеханическими вычислительными устройствами. Основным элементом механических устройств было зубчатое колесо. Начиная с XX века роль базового элемента переходит к электромеханическому реле. Не умаляя значения многих идей «механической» эры, необходимо отметить, что ни одно из созданных устройств нельзя с полным основанием назвать вычислительной машиной в современном ее понимании.

Поколение ЭВМ — серия машин, обладающих едиными научными и техническими принципами построения, возможно созданными в разных странах и фирмах.

Смена поколения определяется:

1. изменением элементной базы;
2. новыми решениями в архитектуре;
3. изменениями в вычислительном процессе и программном обеспечении.

1-ое поколение: 1945 г. — середина 50-х гг.

Элементная база — электронные лампы (остальные компоненты компьютеры использовали резисторы, конденсаторы, трансформаторы.)

Для ЗУ использовались ферритовые сердечники.

Архитектура: архитектура Дж. Фон - Неймана.

Производительность: 10^2 опер/сек- $20 \cdot 10^3$ опер/сек.

Пример: ENIAC { «+» — 500 опер/сек
«*» — 40 опер/сек.

МЭСМ (1950—51 гг.) выполняла 50 опер/сек и 7 тыс. опер/мин.

Стрела, Урал 1;2, БЭСМ-4 — 10 тыс. опер/сек. 1953г.

Программирование: машинные коды.

Основной тип машин: большие машины, потребляли большую мощность и занимали большую площадь.

На рис. 1.2 приведена архитектура ЭВМ 1-го и 2-го поколений, сплошными стрелками указаны информационные потоки, пунктирными — управляющие.

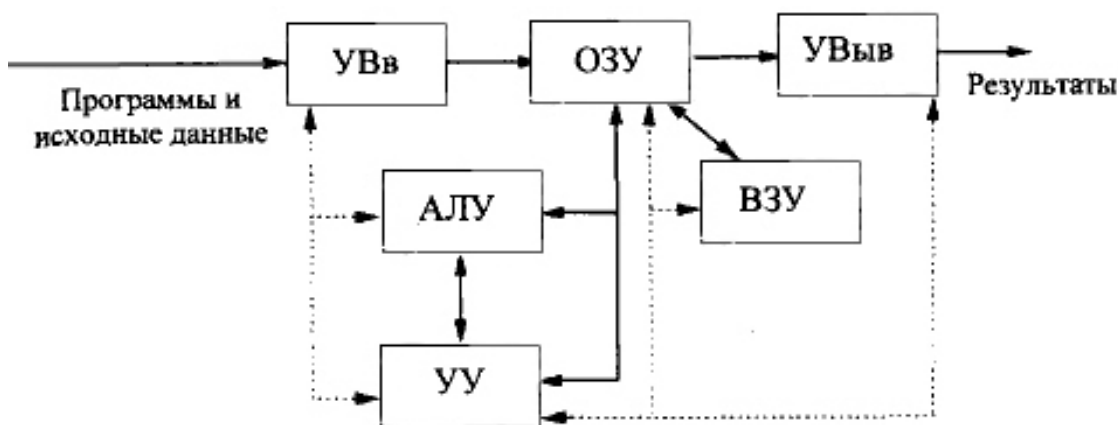


Рис. 1.2. Архитектура ЭВМ 1-го и 2-го поколений

2-ое поколение: середина 50-х — середина 60-х гг.

Элементная база: полупроводниковые приборы.

Производительность: 10^3 опер/сек— 10^5 опер/сек.

Примеры: RCA (США)

Минск -22(32).

Для ЗУ: магнитная лента.

Программирование на языках: Алгол, Фортран, Ассемблер.

Основной тип: большие машины.

Развитие ПО: появляются операционные системы и трансляторы.

Критерий эффективности: время решения задач и объем используемой памяти.

Появление первых средств мультипрограммирования

Расширение групп пользователей.

3-е поколение середина 60-х — конец 70-х гг.

Элементная база: интегральная микросхема.

Производительность: 10^6 опер/сек

Внешнее устройство: расширенный набор программ для ввода/вывода информации.

Примеры: IBM 360/370, ЕС ЭВМ, БЭСМ, СМ ЭВМ — семейство малых ЭВМ

Программирование на языках: Алгол, Фортран, Ассемблер, Кобол, Бейсик, Паскаль, ПЛ/1.

Основной тип: большие машины.

Развитие ОС: появление UNIX

Ключевая технология: режим разделения времени, мультипрограммирование.

Критерий эффективности: трудоемкость разработки программ.

На рис. 1.3. приведена обобщенная архитектура ЭВМ 3-го поколения.

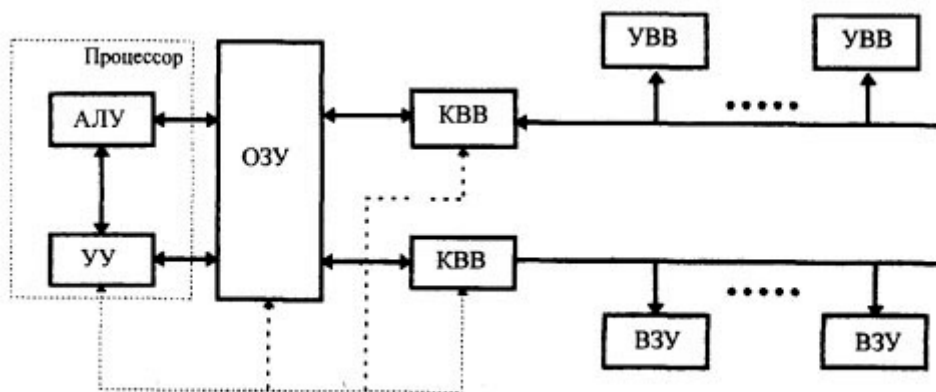


Рис. 1.3. Архитектура ЭВМ 3-го поколения

4-е поколение: конец 70-х — 85 гг.

Элементная база: БИС, СБИС, появление микропроцессоров.

Производительность: 10^6 — 10^8 опер/сек

Пример: Многопроцессорный вычислительный комплекс "Эльбрус".

Эльбрус -1КБ имел быстродействие до 5,5 млн. операций с плавающей точкой в секунду, а объем оперативной памяти до 64 Мб. У "Эльбрус-2" производительность до 120 млн. операций в секунду, емкость оперативной памяти до 144 Мб или 16 Мслов (слово = 72 двоичных разряда), максимальная пропускная способность каналов ввода-вывода — 120 Мб/с.

Языки программирования:

- проблемно-ориентированные;
- объектно-ориентированные;
- Паскаль и С

Основной тип:

- персональные;
- рабочие станции;
- многопроцессорные;
- транспьютерные системы;
- суперкомпьютеры;
- микро ЭВМ.

На рис. 1.4 приведена структурная схема персонального компьютера (ПЭВМ).

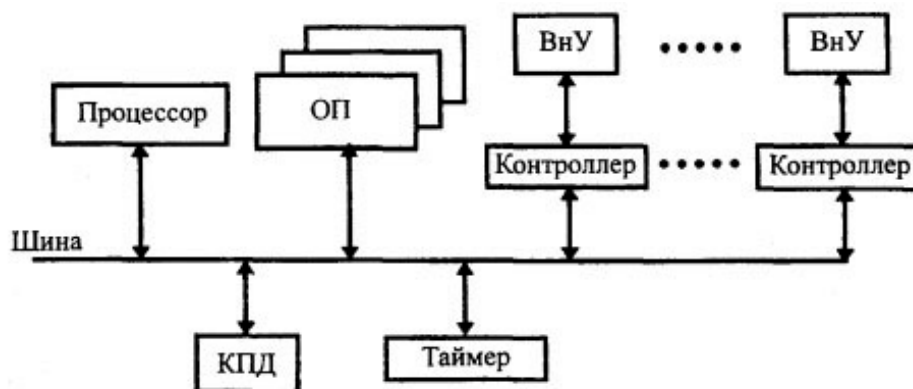


Рис.1.4. Структурная схема ПЭВМ

5-ое поколение: 85—95 гг.

Пятое поколение в общепринятой интерпретации ассоциируют не столько с новой элементной базой, сколько с *интеллектуальными возможностями ВС*. Работы по созданию ВС пятого поколения велись в рамках четырех достаточно независимых программ, осуществлявшихся учеными США, Японии, стран Западной Европы и стран Совета экономической взаимопомощи. Ввиду того, что ни одна из программ не привела к ожидаемым результатам, разговоры о ВС пятого поколения понемногу утихают. Трактовка пятого поколения явно выпадает из «технологического» принципа. С другой стороны, причисление всех ВС на базе сверхбольших интегральных схем (СБИС) к четвертому поколению не отражает принципиальных изменений в архитектуре ВС, произошедших за последние годы.

Японский проект «Интеллектуальные ЭВМ»:

- Общение с ЭВМ на языке проблемной области (речевой ввод данных, ввод текста, графики, изображения).
- Понимание описываемой проблемы на языке, близком к естественному.
- Автоматический синтез процедуры обработки данных.
- Манипуляция знаниями и получение логических выводов на основе БД.

Машины логического вывода.

В полном объеме проект реализован не был.

Главным поводом для выделения ВС второй половины 80-х годов в *самостоятельное поколение* стало стремительное развитие ВС с сотнями процессоров, что привело к существенному прогрессу в области *параллельных вычислений*. Ранее *параллелизм вычислений* выражался лишь в виде конвейеризации, векторной обработки и распределения работы между небольшим числом процессоров. **Вычислительные системы пятого поколения** обеспечивают такое распределение задач по множеству процессоров, при котором каждый из процессоров может выполнять как задачу отдельного пользователя, так и одну из подзадач некоторой одной сложной задачи, представленной в параллельной форме.

В рамках пятого поколения в архитектуре вычислительных систем сформировались два принципиально различных подхода: *архитектура с совместно используемой памятью, и архитектура с распределенной памятью*.

Примером **первого подхода** — служит система **Sequent Balance 8000**, в которой имеется большая основная память, разделяемая 20 процессорами. Помимо этого, каждый процессор оснащен собственной кэш-памятью. Каждый из процессоров может выполнять задачу своего пользователя, но при этом в составе программного обеспечения имеется библиотека подпрограмм, позволяющая программисту привлекать для решения своей задачи более одного процессора. Система широко использовалась для исследования параллельных алгоритмов и техники программирования.

Второе направление — системы с распределенной памятью, где каждый процессор обладает своим модулем памяти, а связь между процессорами обеспечивается сетью взаимосвязей. Пример такой ВС — система iPSC-1 фирмы Intel, более известная как «гиперкуб». Максимальный вариант системы включал 128 процессоров. Применение распределенной памяти позволило устранить ограничения в пропускной способности тракта «процессор—память», но потенциальным «узким местом» здесь становится сеть взаимосвязей.

Третье направление в архитектуре ЭВМ 5-го поколения — это ВС, в которых несколько тысяч достаточно простых процессоров работают под управлением *единого устройства управления и одновременно производят одну и ту же операцию*, но каждый над своими данными. К этому классу можно отнести **Connection Machine** фирмы **Thinking Machines Inc.** и **MP-1** фирмы **MasPar Inc.**

В научных вычислениях по-прежнему ведущую роль играют векторные суперЭВМ. Многие производители предлагают более эффективные варианты с несколькими векторными процессорами, но число таких процессоров обычно невелико (от 2 до 8).

RISC-архитектура выходит из стадии экспериментов и становится базовой архитектурой для рабочих станций (workstations).

Стремительное развитие технологий глобальных и локальных компьютерных сетей стимулировало изменения в технологии работы индивидуальных пользователей. В противовес мощным универсальным ВС, работающим в режиме разделения времени, пользователи все более отдают предпочтение подключенным к сети индивидуальным рабочим станциям. Такой подход позволяет для решения небольших задач задействовать индивидуальную машину, а при необходимости в большой вычислительной мощности обратиться к ресурсам подсоединенных к той же сети мощных файл-серверов или суперЭВМ.

6-ое поколение: 1995 — наст. время

5-ое и 6-ое поколения в эволюции ВТ — это отражение нового качества, возникшего в результате последовательного накопления частных достижений, главным образом в **архитектуре вычислительных систем** и, в несколько меньшей мере, в сфере технологий.

Поводом для начала отсчета нового поколения стали **значительные успехи в области параллельных вычислений, связанные с широким распространением вычислительных систем с массовым параллелизмом**. Особенности организации таких систем, обозначаемых аббревиатурой **MPP (Massively Parallel Processing)**, будут рассмотрены в дальнейшем. Упрощенно — это совокупность большого количества (до нескольких сотен тысяч) взаимодействующих, но достаточно автономных вычислительных машин. Появление **MPP** систем привело к производительности, измеряемой в **TFLOPS** ($1 \text{ TFLOPS} = 10^{12}$ операций с плавающей запятой в секунду).

Вторая характерная черта 6-го — резко возросший уровень рабочих станций. В процессорах новых рабочих станций успешно совмещаются RISC-архитектура, конвейеризация и параллельная обработка. Некоторые рабочие станции по производительности сопоставимы с суперЭВМ четвертого поколения. Впечатляющие характеристики рабочих станций породили интерес к **гетерогенным (неоднородным) вычислениям**, когда программа, запущенная на одной рабочей станции, может найти в локальной сети не занятые в данный момент другие станции, после чего вычисления распараллеливаются и на эти простаивающие станции.

Наконец, третьей приметой 6-го в эволюции ВТ стал взрывной рост глобальных сетей.

Завершая обсуждение эволюции ВТ, отметим, что верхняя граница шестого поколения хронологически пока не определена и дальнейшее развитие вычислительной техники может внести в его характеристику новые коррективы.

1.3. Развития средств вычислительной техники на современном этапе

1. Совершенствование элементной базы от микропроцессора до принципиально новых компьютеров: оптических, биологических, нейрокомпьютеров, молекулярных, квантовых.
2. Бурное развитие сетевых технологий в рамках локальных сетей и супер-ЭВМ + глобальные сети — ***GRID-технологии, метакомпьютинг, облачные вычисления.***

3. Массовость и доступность средств обработки информации.

2 и 3 влечет за собой принципиальное изменение рынка труда в сторону роста производителей IT-продукции!!

4. Рост сложно решаемых задач и как результат — рост требований к производительности вычислительных средств.

Создание суперкомпьютеров, которые в том числе являются показателем уровня развития общества

Примеры сложных расчетных задач:

а) исследования сверхпроводимости.

б) расчет генома человека.

в) задачи фармакология

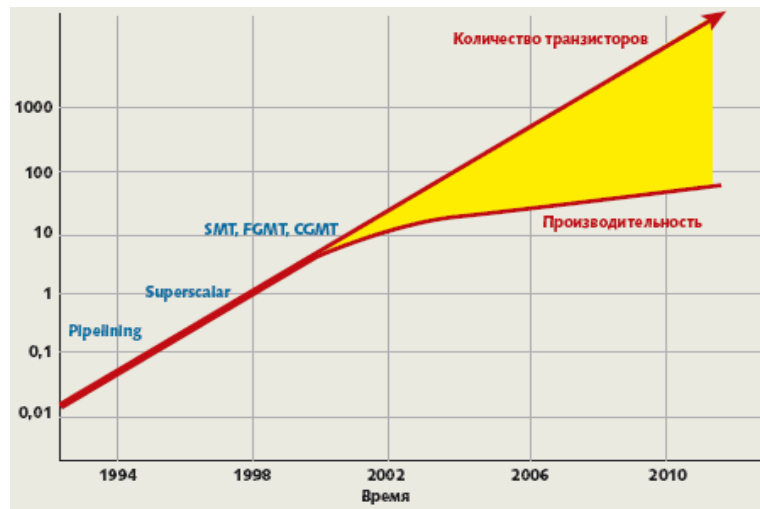
г) расчет прогноза погоды и др.

5. Развитие архитектуры в сторону поддержки параллельной и распределенной обработки.

6. **Многоядерность** процессоров, **графические** процессоры

Низкая эффективность использования транзисторов, когда большая их часть отдается схемам управления и существенно меньшая — выполнению собственно арифметических и логических операций, и, как следствие, высокое энергопотребление, стали главным тормозом на пути дальнейшего развития монолитных процессоров. Весьма наглядной иллюстрацией происходящего стало явление, получившее название «разрыв Мура» (The Moore's gap,). Сложность проектирования увеличивает время проектирования некоторых наиболее сложных процессоров до неприемлемых значений; в некоторых случаях период проектирования затягивается больше чем на десятилетие.

Разрыв Мура



Тенденция развития суперкомпьютеров

