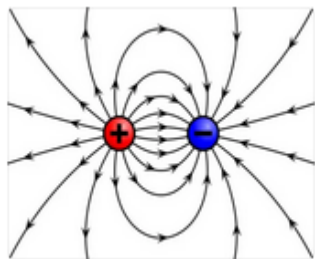


Электроника.

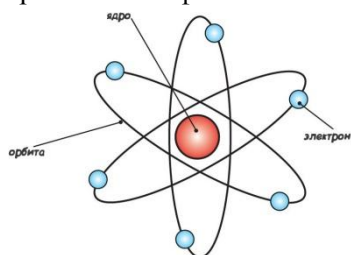


Под названием «электрон» в разное время понимали разные объекты и явления: - сначала это янтарь, который при соприкосновении с шерстью образовывал искры и притягивал предметы; потом минимальный отрицательный заряд ионов в растворе; позже – частица (со свойствами волны), обладающая минимальным отрицательным зарядом.

Заряды (2 типа) – имеют меру взаимодействия (наряду с массой, скоростью, расстоянием). Одноименные – отталкиваются, разноименные – притягиваются. Имена исследователей

электричества: Ампер, Вольт, Кулон, Ом, Джоуль, Фарадей, Максвелл...

Применение электронов: если их нагреть, возможно излучение света (фотонов) -- в 1809 году русский инженер **Ладыгин** изобрел лампу накаливания, в которой горячие электроны образуют фотоны.



В 1895 года Джозеф Джон **Томсон** представил гипотезу о существовании материи в состоянии ещё более тонкого дробления, чем атомы, а в 1897 году открыл электрон в атоме при изучении катодных лучей, а Чарльзом Вильсоном получены первые снимки треков отдельных **электронов** при помощи созданной им камеры. Скорость движения «катодных частиц» гораздо ниже скорости света и они отклоняются магнитным полем — таким образом, было показано, что частицы (электроны) должны обладать массой. Позже

предложена **модель атома из ядра и вращающихся вокруг электронов**, впоследствии развитая в опытах **Резерфорда**, «отца» ядерной физики.

Исключительно малая инерционность **электрона** позволяет эффективно использовать взаимодействие электронов с полями внутри прибора, внутри кристаллической решетки, молекулы, атома, для генерирования, преобразования и приема электромагнитных колебаний с частотой до 1000 ГГц. А также инфракрасного, видимого, рентгеновского и гамма излучения.

Предметами научных исследований в электронике являются:

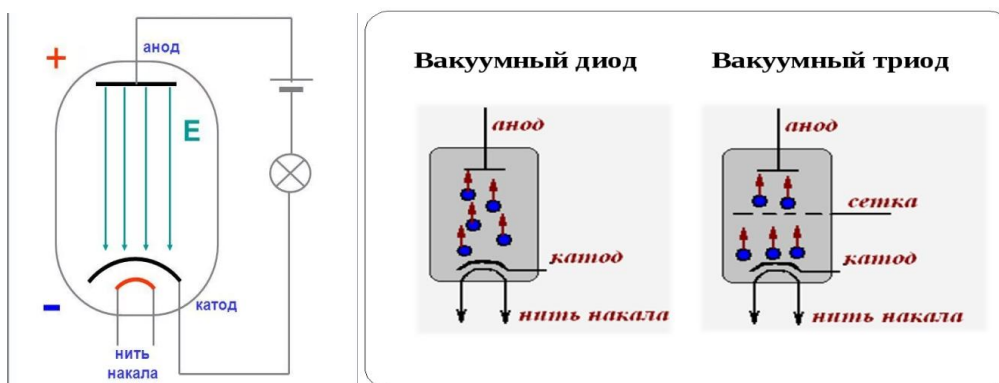
1. Изучение законов взаимодействия электронов и других заряженных частиц с электромагнитными полями.
2. Разработка методов создания электронных приборов, в которых это взаимодействие используется для преобразования энергии с целью передачи, обработки и хранения информации, создания энергетических устройств, контрольно-измерительной аппаратуры и других целей.

Возникновению электроники предшествовало **изобретение радио**. Поскольку радиопередатчики сразу нашли применение на кораблях и в военном деле, для них потребовалась элементная база, созданием и изучением которой и занялась **электроника**. Элементная база первого поколения была основана на электронных лампах и получила название **вакуумная электроника**.

В 1904 г. английский ученый Флеминг сконструировал электровакуумный диод, основными частями которого являются два электрода, находящиеся в вакууме, металлический анод и металлический катод, нагреваемый электрическим током до температуры, при которой возникает термоэлектронная эмиссия. В 1907 г. американский инженер Ли де Форест поместил между катодом и анодом металлическую сетку и стал управлять анодным током практически безинерционно и с малой затратой энергии. Так появилась первая электронная усилительная лампа – **триод**. Ее свойства как прибора для усиления и генерирования высокочастотных колебаний обусловили быстрое развитие радиосвязи. В 1913 г. немецкий инженер Мейснер разработал схему лампового регенеративного приемника и с помощью триода получил незатухающие гармонические колебания. Новые электронные генераторы заменили искровые и дуговые радиостанции на ламповые, что практически решило проблему радиотелефонии.

*) В России первые радиолампы были изготовлены в 1914 году в Санкт-Петербурге консультантом русского общества беспроволочного телеграфирования Н.Д. Папалекси, будущим академиком АН СССР. Создание в России мощных электровакуумных приемо-усилительных радиоламп связано с именами Бонч –

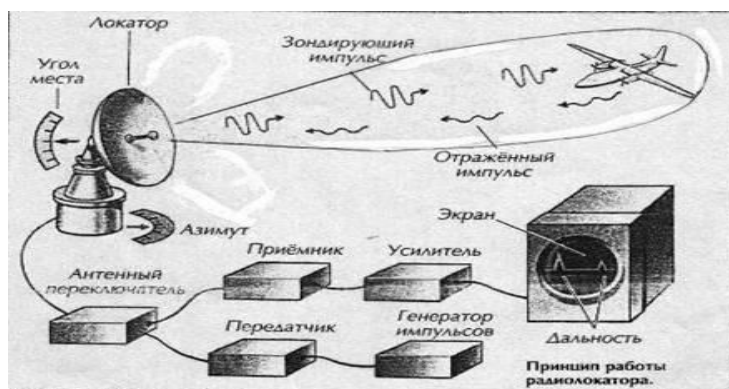
Бруевича, Острякова, Пистолькорса, Шорина, объединившихся в Нижегородской радиолaborатории. С 1922 года в Петрограде работает электровакуумный завод "Светлана".



Но электронные лампы обладают и существенными недостатками. Это, прежде всего, большие размеры и высокая потребляемая мощность (что критично для переносных устройств).

Поэтому параллельно развивалась твердотельная электроника, а в качестве элементной базы сначала появились «**выпрямители на кристалле**». Контакты разнородных материалов иногда обладают несимметричной проводимостью в зависимости от направления тока. Были рассмотрены тысячи образцов. Лучшими оказались контакты **галенит (сульфид свинца) – графит и халькопирит** (медный колчедан CuFeS_2 - **цинкит (ZnO)** или **медь**). Из них и сформировали кристаллические детекторы, в которых приходилось искать чувствительную точку, возя иголкой по кристаллу галена. (К. Ф. Браун открыл и в 1899 г. запатентовал принцип «выпрямителя на кристалле»).

Альтернативы плохие: - ламповый диод, созданный Флемингом в 1904 году, требует питания и накала и по самому принципу действия **в 10 раз менее чувствителен, чем полупроводниковый диод**. Когерер, (трубка с опилками, у которых вследствие воздействия ВЧ поля проходит нечто вроде "спекания" и падает сопротивление), малочувствителен и позволяет принимать только телеграфные сигналы. Поэтому потребовались искусственные кристаллические материалы с заранее известными свойствами.

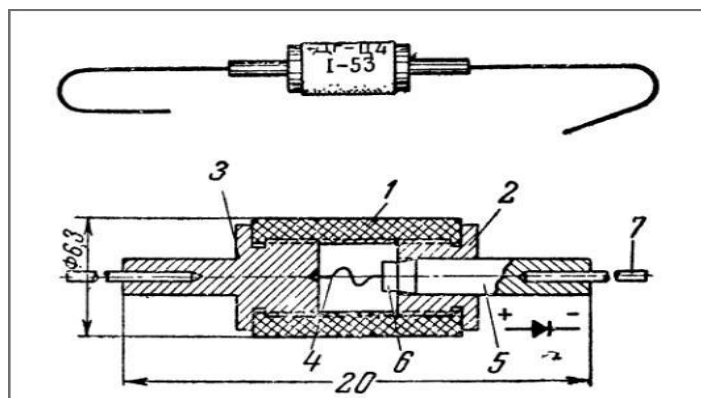


В сороковые годы появилась **радиолокация**, которая требовала СВЧ детекторы и смесители.

*) Первые СВЧ диоды представляли собой пластинку сильнолегированного **полупроводника** ($0,001-0,005 \text{ ом} \cdot \text{см}$, для сравнения в обычных диодах - десятки $\text{ом} \cdot \text{см}$), т.е. очень «грязного», низкокачественного полупроводника, который могли сделать при тех убогих методах очистки. С этой пластинкой контактирует острозаточенная вольфрамовая игла, создавая переход металл-

полупроводник очень малой площади. Главное и единственное достоинство такого прибора – нелинейность ВАХ до гигагерцовых частот, что позволяет детектировать отраженный от самолета СВЧ сигнал. Остальные характеристики такого диода не выдерживали никакой критики.

Внешний вид конструкции отечественного германиевого СВЧ диода типа ДГ-Ц 4. 1-керамическая втулка; 2 и 3 - металлические флянцы; 4 - вольфрамовая пружинка; 5 - кристаллодержатель; 6 - германий; 7 – выводы.



Полупроводник (IV группа таблицы Менделеева) занимает промежуточное место

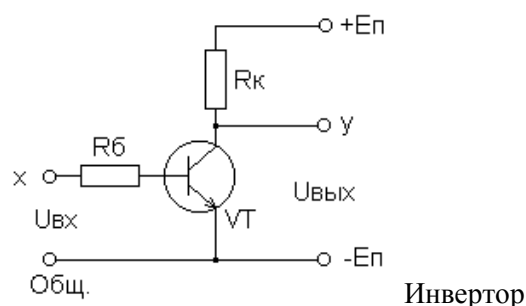
между проводниками и диэлектриками и отличается сильной зависимостью проводимости от температуры, концентрации примесей и воздействия различных видов излучения.

Страны, готовящиеся к 2 Мировой войне (Великобритания, Германия) многократно увеличили исследовательские бюджеты в области полупроводников. Теоретические основы полупроводников были созданы 1930-е годы работами В. Гейзенберга, Паули, Макса Борна в виде **квантово-механической теории твёрдого тела**, что позволило объяснить и прогнозировать интересные физические эффекты в твёрдых телах. В результате были освоены полупроводниковые диоды (СВЧ).

Следующий период развития электроники – изобретение **точечного транзистора**. Для электроники требовались приборы, обладающие усилением (как лампы). В 1946 году при лаборатории "Белл Телефон" группа во главе с Уильямом Шокли (Джон Бардин, Уолтер Браттейн), проводившая исследования свойств полупроводников на германии (Ge), получила точечный транзистор. Усиление сигнала осуществлялось за счет большого различия в величинах сопротивлений, низкоомного входного и высокоомного выходного. Поэтому создатели нового прибора назвали его сокращенно **транзистором** (англ. trans –resistor - преобразователь сопротивления). Одновременно, в период апрель 1947 – январь 1948 г., Шокли опубликовал теорию плоскостных биполярных транзисторов, более доступных теоретическому анализу, обладающих более низким уровнем шумов, обеспечивающих большую мощность. Он определил структуру транзистора, напряжения и токи на его электродах, сформулировал условия работы как усилителя. Изобретение транзисторов явилось знаменательной вехой в истории развития электроники и поэтому его авторы Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли были удостоены нобелевской премии по физике за 1956 г.

Транзисторы - это аналоговые компоненты, они работают в вычислительной технике в ключевом режиме и образуют вентили, на входе которых имеется набор 0 и 1, а на выходе – результат простых функций («И», «ИЛИ», «НЕ»). Самая важная схема – инвертор. Инверторы, соединенные последовательно по питанию, образуют элемент «И», параллельно – «ИЛИ». Каждый вентиль формируется из нескольких транзисторов. Несколько вентилях формируют 1 бит памяти, который запоминает 0 или 1. Биты памяти, объединенные в группы, например, по 16, 32 или 64, формируют **регистры**, содержащие одно двоичное число до определенного предела.

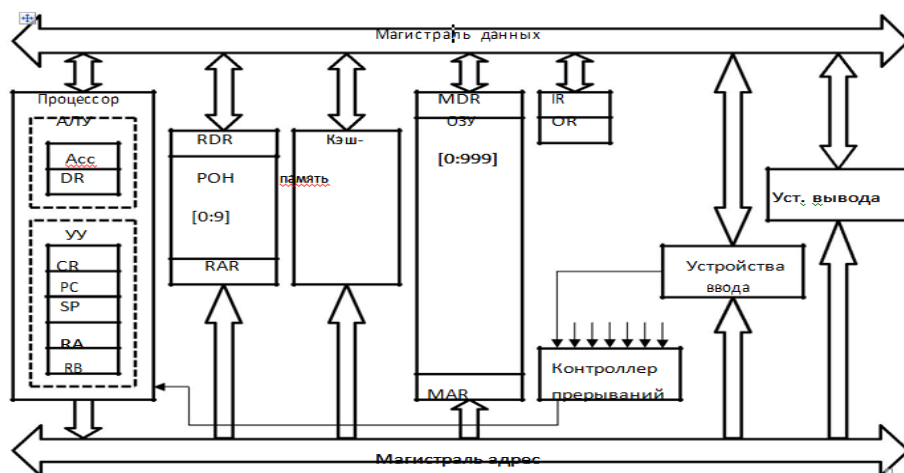
ГОСТ	ANSI	ГОСТ	ANSI



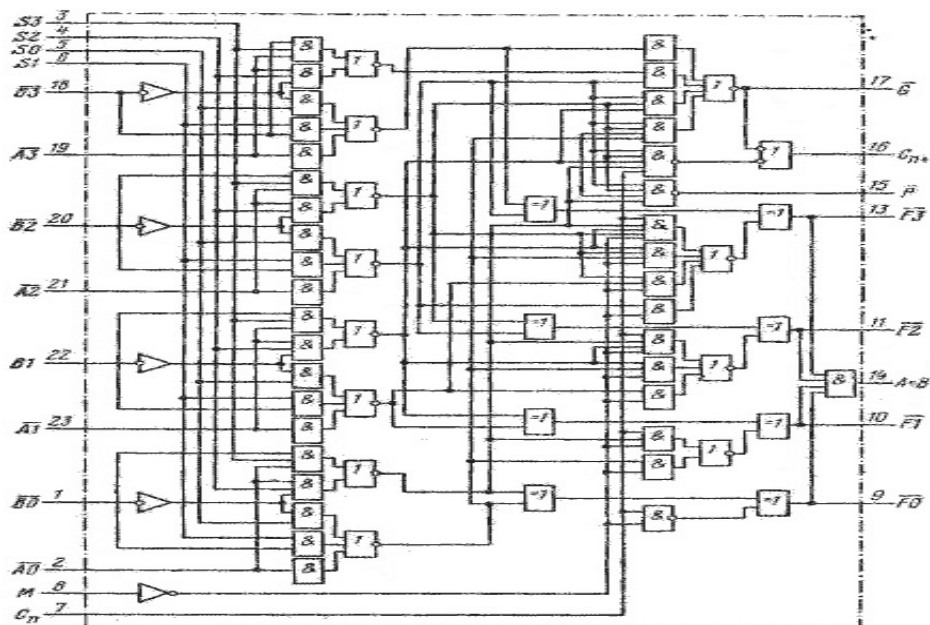
С появлением биполярных и, позже, полевых транзисторов начали воплощаться идеи разработки **малогабаритных ЭВМ**. Первоначально устройства содержали тысячи одинаковых электронных элементов и постоянно требовалось все большее и большее их увеличение. Проблема качества монтажно-сборочных работ стало основной проблемой изготовителей, поэтому в 1960 году Роберт Нойс, один из основателей фирмы Fairchild и, позже, Intel, предложил и запатентовал идею монолитной интегральной схемы (Патент США 2981877), применив планарную технологию. В монолитной интегральной схеме все элементы выполнены на основе подложки из кристаллического кремния (который еще надо получить) и соединены между собой тонкими и узкими полосками алюминия.

Дальнейшее направление развития вычислительной техники выбрала четверка пионеров – Гринич, Хорни, Мур, Нойс, организовав в 1968 г. крохотную фирму **Intel** из двенадцати человек. Задача фирмы - **использовать огромный потенциал интеграции большого числа электронных компонентов на одном полупроводниковом кристалле (ИС, БИС) для создания новых видов электронных приборов**.

Переход от ИС до БИС происходил на протяжении четверти века. В качестве параметра, количественно иллюстрирующего этот процесс, используют ежегодное изменение числа элементов, размещаемых на одном кристалле (степень интеграции). Особое значение для массового производства микросхем имеет то, что размеры транзистора можно уменьшать без ухудшения его ВАХ (вольт-амперных характеристик). Этот метод проектирования получил название **закона масштабирования**. В конце концов вся ЭВМ выполнена на одной БИС:



Архитектура микроконтроллера устоявшаяся, облегчающая процесс программирования, связи между блоками постоянные (а не перепрошиваемые). При прошивке изменяется только постоянная память, на которую опирается вся работа МК.



4-битное АЛУ

из элементов комбинационной логики (И-ИЛИ-НЕ).

Что программируем? Процессор состоит из **АЛУ** и **устройства управления**, включающего регистры – специальные ячейки памяти, расположенные непосредственно в процессоре. Работа с регистрами выполняется намного быстрее, чем с ячейками оперативной памяти, поэтому регистры активно используются как в программах на языке ассемблера, так и компиляторами языков высокого уровня. Названия регистров происходят от их назначения: **аккумулятор (Acc)**, **регистр данных (DR)**, **счётчик команд (PC)**, **командный регистр (CR)**, **регистр адреса (RA)**, **регистр базового адреса (RB)**, **указатель стека (SP)**.

История создания электронных запоминающих устройств берет начало с изобретения в 1967 Г. Деннардом **однотранзисторной динамической запоминающей ячейки** для ЗУ с произвольной выборкой. Это изобретение, по общему признанию, сравнимо с изобретением самого транзистора. В ячейке объединены один ключ на МОП транзисторе и один конденсатор. МОП служит переключателем для заряда (записи) и разряда (считывания). К 1988 г. выпуск таких ячеек занял первое место по количеству из всех искусственных объектов на нашей планете.

На рис. ниже запоминающая ячейка динамического ОЗУ. Ключевой транзистор отключает запоминающий конденсатор от линии записи-считывания или подключает его к ней. Сток транзистора не имеет внешнего вывода и образует одну из обкладок конденсатора. Другой обкладкой служит подложка. Между обкладками расположен тонкий слой диэлектрика – оксида кремния SiO_2 .

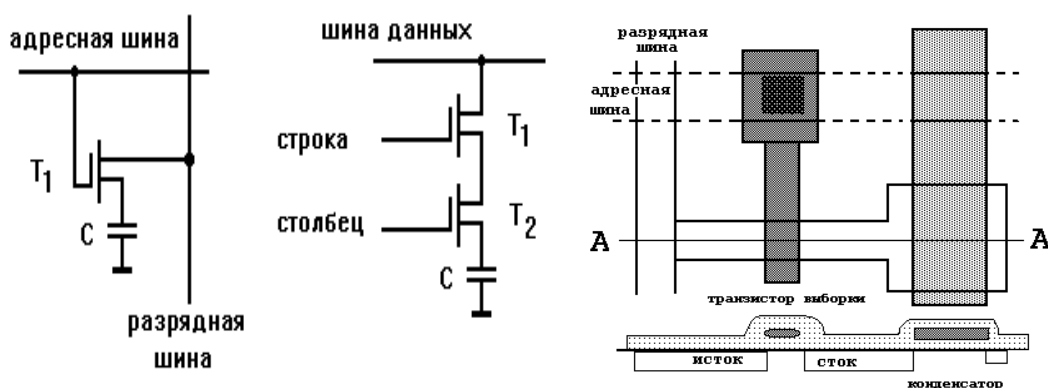


Рис.

*) Записанная на эту ячейку информация теряется при отключении источника питания (энергезависимая ПЗУ). В 1971 году сотрудник фирмы Intel Фроман-Бенчковский предложил и запустил в серийное производство энергонезависимое стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Снятие заряда на плавающих затворах этих ПЗУ производилось ультрафиолетовым светом.

Процессоры.

Технически современный микропроцессор выполнен в виде одной сверхбольшой интегральной схемы (СБИС), состоящей из нескольких миллиардов элементов — это одна из самых сложных конструкций, созданных человеком. Ключевыми элементами любого микропроцессора являются **дискретные переключатели – транзисторы**. **Блокируя или пропуская электрический ток** (включение-выключение), они дают возможность логическим схемам компьютера работать в двух состояниях, то есть в двоичной системе.

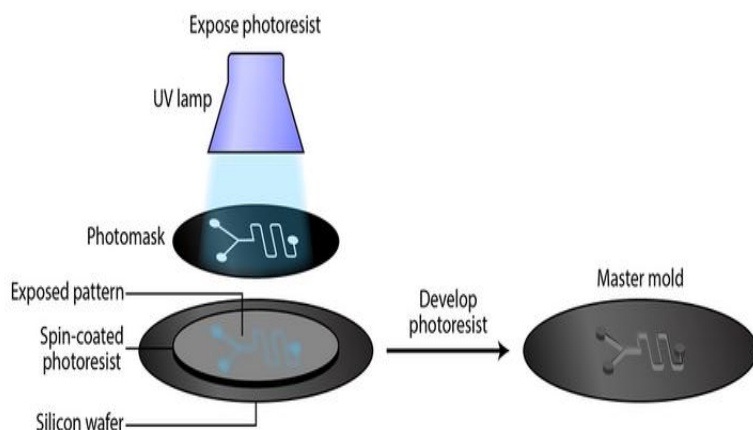
Основную часть работы при создании процессоров делают роботизированные механизмы — именно они туда-сюда таскают кремниевые пластины и выполняют многочисленные циклы фотолитографии (проецирования рисунка на поверхность и травление). Цикл производства каждой пластины может достигать до 2-3 месяцев. Пластины делаются из кремния — по распространённости в земной коре кремний занимает второе место после кислорода. Путем химических реакций песок (оксид кремния SiO_2) тщательно очищают, делая из «грязного» чистый.

Для микроэлектроники нужен **монокристаллический кремний** — его получают из расплава. Все начинается с небольшого кристалла (который и опускают в расплав, **метод Чохральского**) — позже он превращается в специальный монокристаллический «буль» ростом с человека. Далее убираются дефекты и специальными нитями с алмазным порошком буль нарезается на диски — каждый диск тщательно обрабатывается до абсолютно ровной и гладкой (на атомарном уровне) поверхности. Толщина каждой пластины около 1 мм — исключительно для того, чтобы она не ломалась и не прогибалась, чтобы с ней было можно комфортно работать. Диаметр каждой пластины составляет 300 мм (450) — чуть позже на этой площади «вырастут» сотни, а то и тысячи процессоров.

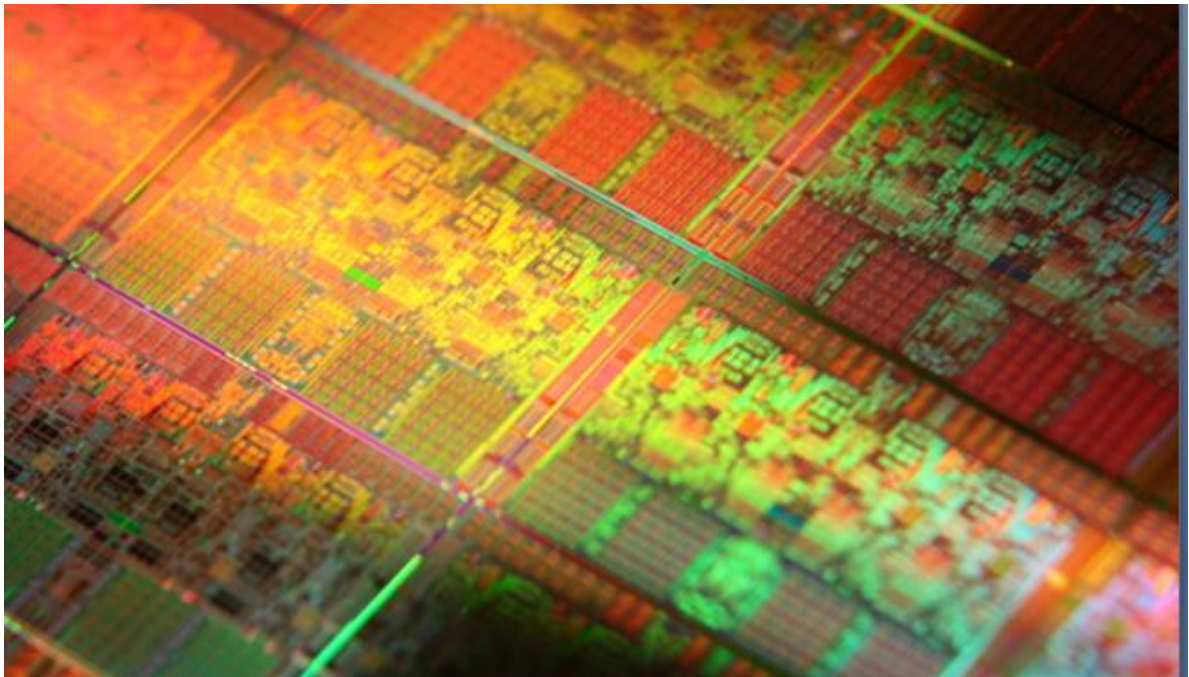
Фотолитография — метод получения определённого рисунка на поверхности материала,

используемый в **микроэлектронике**.

Целью является перенос деталей рисунка фотошаблона на поверхность кремниевой пластины, покрытой слоем фоторезиста. При изготовлении интегральных микросхем требуется комплект из десятков фотошаблонов с



различными взаимно дополняющими друг друга рисунками. Точность и качество фотошаблонов таковы, что обеспечивается разрешение порядка 30 нм (используются специальные лазеры).



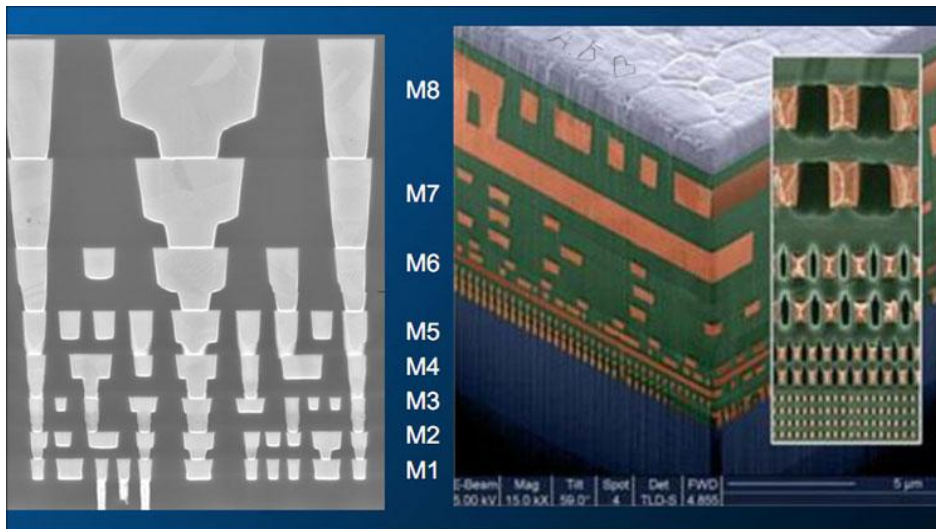
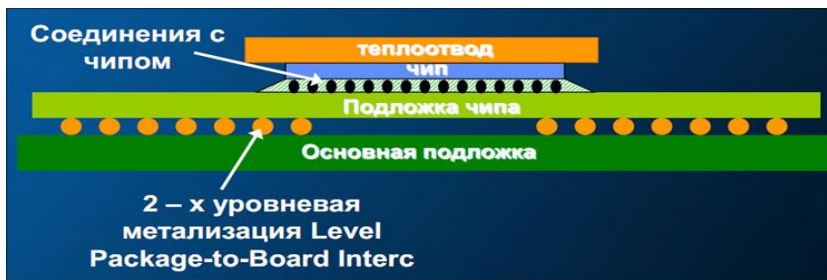
Увеличенное изображение неразрезанных кристаллов процессоров Intel Core I7.



Диск полупроводника с нанесенными на него процессорами.

Сверху процессора находится металлическая крышка, которая, помимо защитной функции, так же выполняет роль теплораспределителя – именно ее мы обильно мажем термопастой, когда устанавливаем кулер. Под теплораспределителем находится тот самый кусочек кремния, который выполняет все пользовательские задачи. Еще ниже – специальная подложка, в которой находится до 9 слоев металлизации (для соединения в нужном порядке

транзисторов на поверхности кремния - архитектура), чтобы процессор можно было установить в сокет материнской платы. Даже если никакого разъема нет и снять его нельзя (он намертво припаян), это один **чип**.



Элементарной ячейкой процессора является **полевой транзистор**. Первые полупроводниковые изделия были из германия и первые транзисторы (биполярные) изготавливались из него же. Но как только начали делать полевые транзисторы, германий тут же «вымер», уступив дорогу кремнию. Последние 40 лет в качестве основного материала для диэлектрика затвора ПТ использовался **диоксид кремния (SiO_2)**, что было обусловлено его технологичностью и возможностью систематического улучшения характеристик транзисторов по мере уменьшения их размеров.

Правило масштабирования простое – уменьшая размеры транзистора, повышаем рабочую частоту и уменьшаем энергопотребление – толщина диэлектрика должна уменьшаться пропорционально. Так, в чипах с техпроцессом в 65нм толщина слоя диэлектрика затвора из SiO_2 составляла порядка 1.2 нм, что эквивалентно пяти атомарным слоям. Это **физический предел** для данного материала, в результате дальнейшего уменьшения самого транзистора (а значит и уменьшения слоя диоксида кремния), ток утечки через диэлектрик затвора значительно возрастает, что приводит к существенным потерям тока и избыточному тепловыделению.

В 1965 году один из основателей корпорации Intel, **Гордон Мур**, зафиксировал эмпирическое наблюдение, ставшее впоследствии законом его имени: новые модели микросхем разрабатывались спустя равные промежутки времени — примерно 18-24 месяца после появления их предшественников, а емкость микросхем при этом возрастала каждый раз примерно вдвое. Количество транзисторов продолжает расти, а размеры процессора «на выходе» остаются относительно неизменными. Секрета никакого нет – **раз в два года топологические размеры уменьшаются в 0.7 раз**. Как результат уменьшения размеров транзисторов – выше скорость их переключения, ниже цена и меньше потребляемая мощность.

Однако, это приводит к большей плотности элементов, суммарного тока и мощности на единицу поверхности. В конце концов, **энергопотребление** процессоров достигло критической отметки (>100 Вт на чип, это ток 100А при напряжении на процессоре ~ 1В) и их стало просто нечем охлаждать. А энергоэффективность (производительностью в расчете на ватт потребляемой электроэнергии) стала важнейшей характеристикой процессора. Один из путей решения этой задачи – внедрение **многоядерных процессоров** с меньшим тепловыделением на каждое ядро и большей площадью поверхности.

Многоядерность позволяет наращивать производительность за счет выполнения задач параллельно. Сделать много ядер на одном чипе не является большой проблемой – гораздо сложнее заставить их правильно работать в нагрузке. Как следствие – роль **софта** кардинально

возрастает. В настоящее время закон Мура не работает, но число ядер удваивается каждые 18 -24 месяцев. Многоядерность упрощает проблему работы машин с сетевыми интерфейсами 10-100 Гбит/с, так как имеется возможность разделить обработку потока на несколько субпотоков, поступающих на отдельные ядра. Если 100 гигабитный поток разделить на 10 субпотоков, а процессор имеет 64 разряда, то будет достаточно иметь тактовую частоту 350 МГц. С учетом сложившихся технологических ограничений следует признать, что **параллельным вычислениям в перспективе нет альтернативы.**

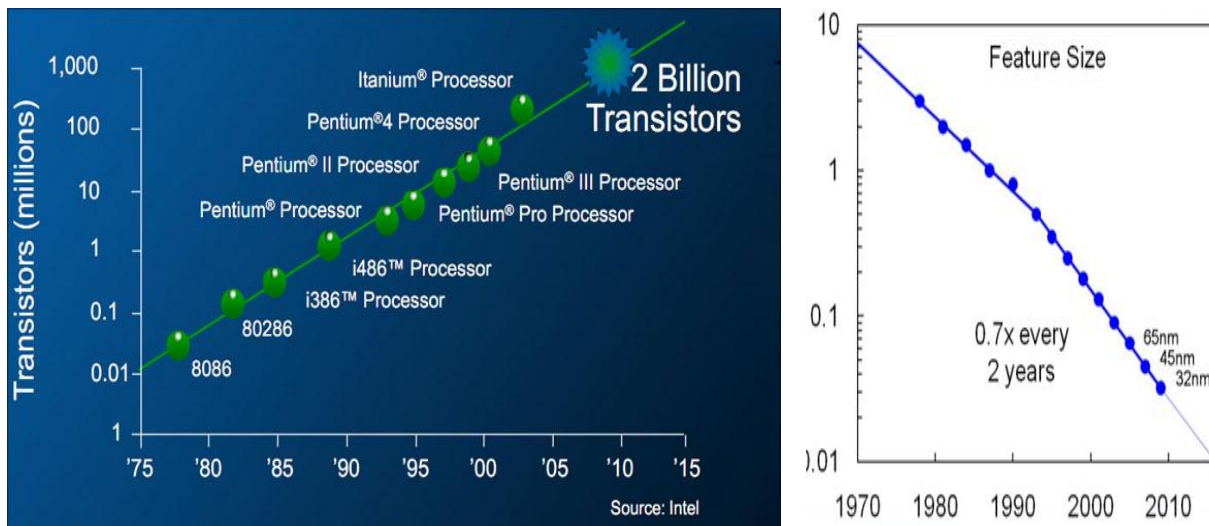
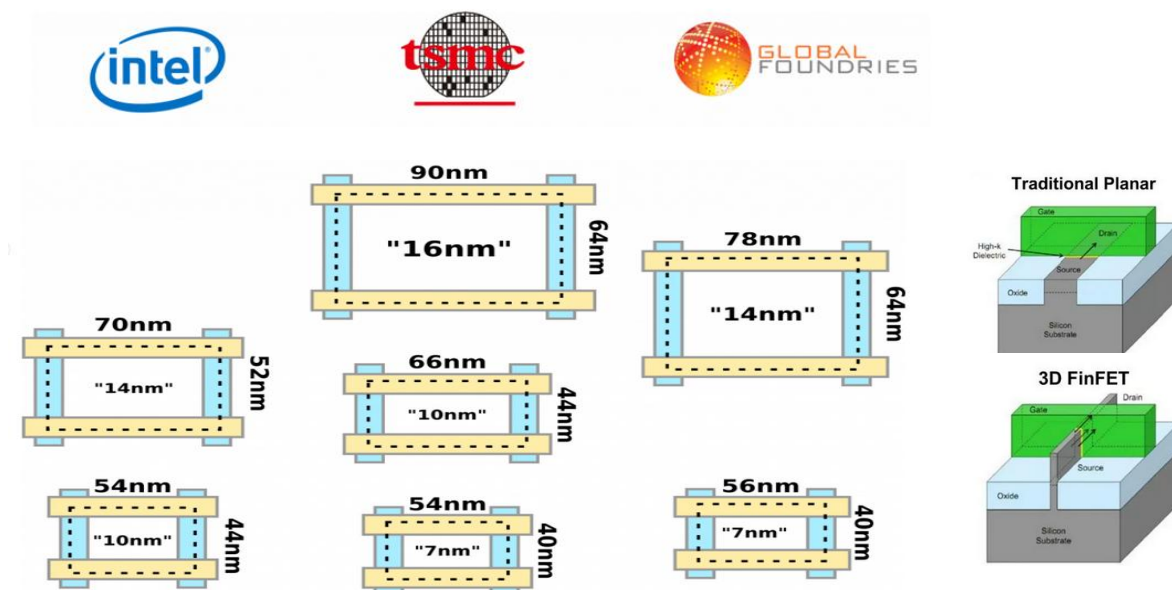


Рис. Степень интеграции и разрешение оборудования (размеры одного транзистора).

Помимо ядер и частот многие производители указывают **техпроцесс**, по которому был произведен чип. Техпроцесс указывал на разрешение (точность) оборудования, на котором производились процессоры и косвенно говорил о производительности устройства. К сожалению, с 2010-х г. техпроцесс перестал быть физической величиной и показывает степень отличия оборудования от старых образцов. Так, если вам вещают о новых инновационных 3-нм процессорах — улыбнитесь и дождитесь вычислительных тестов процессора. «Для сохранения з-на Мура» в техпроцессе указывали линейные размеры - до величины 130 нм (~2005г.), площадь под транзистором до - 22нм, 3D конфигурацию транзистора – сейчас. Физический предел закона Мура - уменьшение размера затвора меньше ~30 нм приводит к тому, что разрушается сам транзистор, поэтому реальные размеры транзистора для разных современных техпроцессов указаны на рис. ниже.



Как разобраться в транзисторах, логических элементах, командах, процессорах?

Многоуровневая компьютерная организация – электроника обеспечивает цифровой логический уровень – низший уровень проектирования и работы компьютера.



Объекты на уровне 0 называются **вентильми**. Вентили состоят из **аналоговых компонентов (транзисторы)** и смоделированы как цифровые средства, на входе у которых цифровые сигналы (или набор 0 и 1), а на выходе – результат простых функций («И», «ИЛИ», «НЕ»). Каждый вентиль формируется из нескольких транзисторов. Несколько вентилях формируют 1 бит памяти, который запоминает 0 или 1. Биты памяти, объединенные в группы, например, по 16, 32 или 64, формируют **регистры**. Каждый регистр может содержать одно двоичное число до определенного предела.

Уровень 1. Микроархитектурный, представляет собой локальную память (совокупность регистров) и схему, называемую **АЛУ** (арифметико-логическое устройство). АЛУ выполняет простые арифметические операции и результаты записывает в память. Регистры вместе с АЛУ формируют **тракт данных**, по которому поступают данные. Основная операция тракта данных состоит в следующем. Выбирается один или два регистра, АЛУ производит над ними какую-либо операцию, например сложения, а результат помещается в один из этих регистров (аккумулятор).

Уровень 2. Уровень архитектуры команд. Этот уровень включает набор машинных команд, которые выполняются микропрограммой-интерпретатором или аппаратным обеспечением.

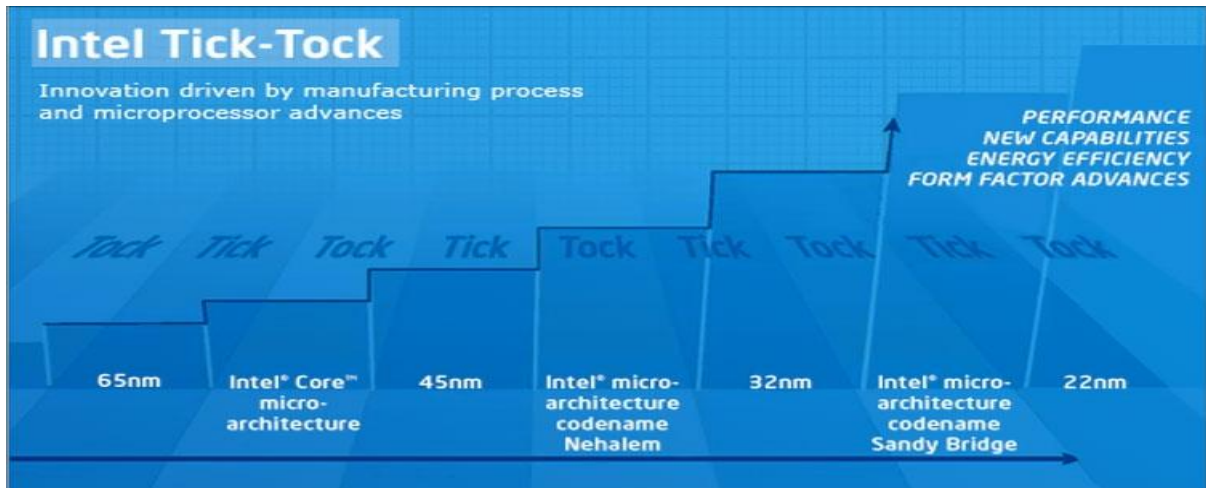
Уровень 3. Уровень операционной системы. Этот уровень включает набор команд уровня 2 + набор новых команд, собственная организация памяти, способность выполнять две и более программ одновременно и др. При построении третьего уровня возможно больше вариантов, чем при построении первого и второго. Машинные языки уровней 1, 2 и 3 — цифровые. Программы, написанные на этих языках, состоят из длинных рядов цифр, которые удобны для компьютеров, но совершенно неудобны для людей. Начиная с четвертого уровня, языки содержат слова и сокращения, понятные человеку.

Нижние три уровня конструируются не для того, чтобы с ними работал обычный программист. Они изначально предназначены для работы интерпретаторов и трансляторов, поддерживающих более высокие уровни. Эти трансляторы и интерпретаторы составляются системными программистами, которые специализируются на разработке и построении новых виртуальных машин. Уровни с четвертого и выше предназначены для прикладных программистов, решающих конкретные задачи. Другое различие между уровнями 1, 2, 3 и уровнями 4, 5 и выше — особенность языка.

Уровень 4. Уровень языка ассемблера. Представляет собой символическую форму одного из языков более низкого уровня. На этом уровне можно писать программы в приемлемой для человека форме. Эти программы сначала транслируются на язык уровня 1, 2 или 3, а затем интерпретируются соответствующей виртуальной или фактически существующей машиной. Программа, которая выполняет трансляцию, называется ассемблером.

Уровень 5. Язык высокого уровня. Обычно состоит из языков, разработанных для прикладных программистов. Такие языки называются языками высокого уровня. Существуют сотни языков высокого уровня. Наиболее известные среди них — BASIC, C, C++, Java, LISP, Python и Prolog. Программы, написанные на этих языках, обычно транслируются на уровень 3 или 4. Трансляторы, которые обрабатывают эти программы, называются **компиляторами** или иногда используется метод **интерпретации**. Например, программы на языке Java обычно интерпретируются.

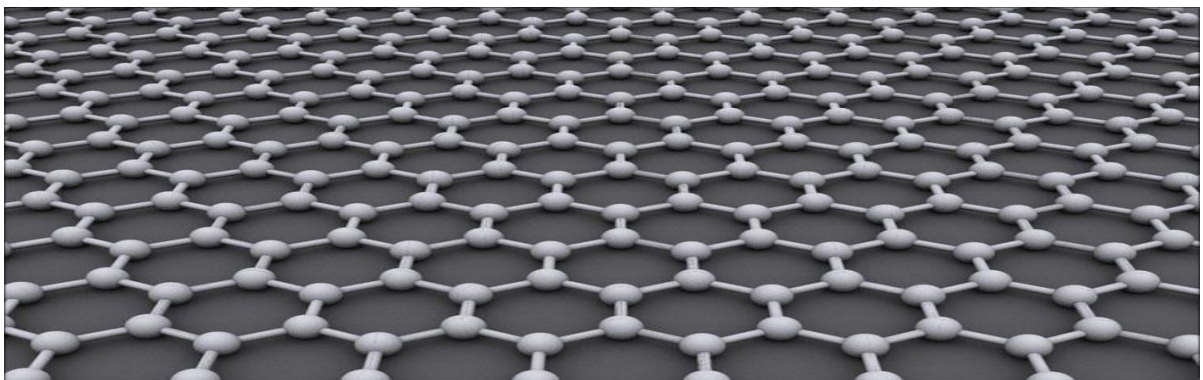
Технология Тик-Так.



Процесс изготовления процессоров состоит из двух больших «частей». Для первой нужно иметь саму **технология изготовления**, а для второй— **архитектуру** (то, как соединены транзисторы). Если одновременно сделать и новую архитектуру и новую технологию, то в случае неудачи будет сложно найти «виновных» — одни будут говорить, что виноваты «архитекторы», другие — что технологи. В общем, следовать такой стратегии очень недальновидно.

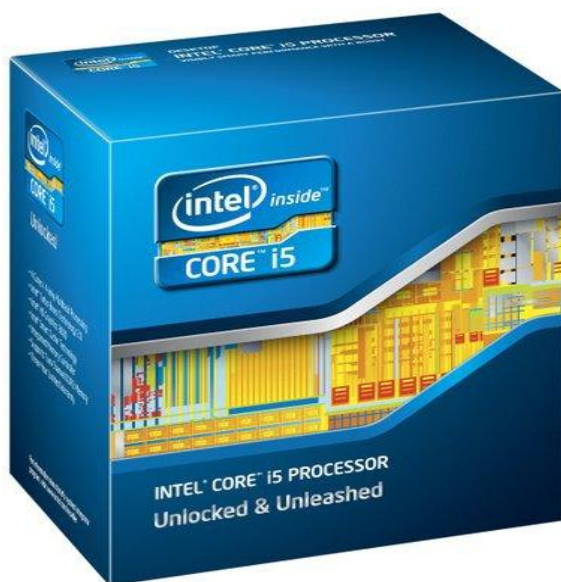
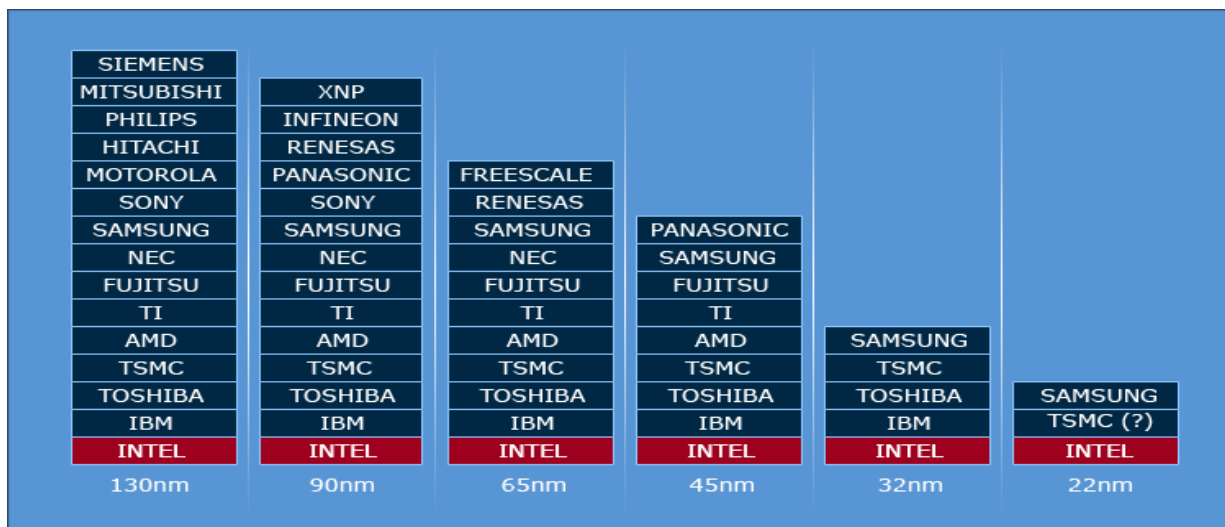
В компании Intel введение новой технологии и архитектуры разнесено по времени — в один год вводится **технология** (и уже отработанная архитектура производится по новой технологии — если что-то пойдет «не так», то виноваты будут технологи); а когда новая технология будет отработана — архитекторы сделают под нее новую **архитектуру** и если на отработанной технологии что-то не заработает, то виноваты будут уже архитекторы. Такую стратегию назвали «**Тик-так**», по планам Intel каждая часть цикла должна занимать примерно 1 год.

Когда закончится эра кремния? Точная дата пока неизвестна, но она не за горами. Увеличения эффективности работы процессора можно добиться либо уменьшением топологических размеров (сейчас так и делают), либо используя другие материалы, обладающие более высокой подвижностью носителей — возможно, **арсенид галлия** или перспективный **графен** (у него подвижность в сотни раз выше, чем у кремния). Но тут есть проблемы. Для пластины с диаметром в 300мм нужного количества арсенида галлия просто нет в природе, а графен такого размера пока делать не научились.



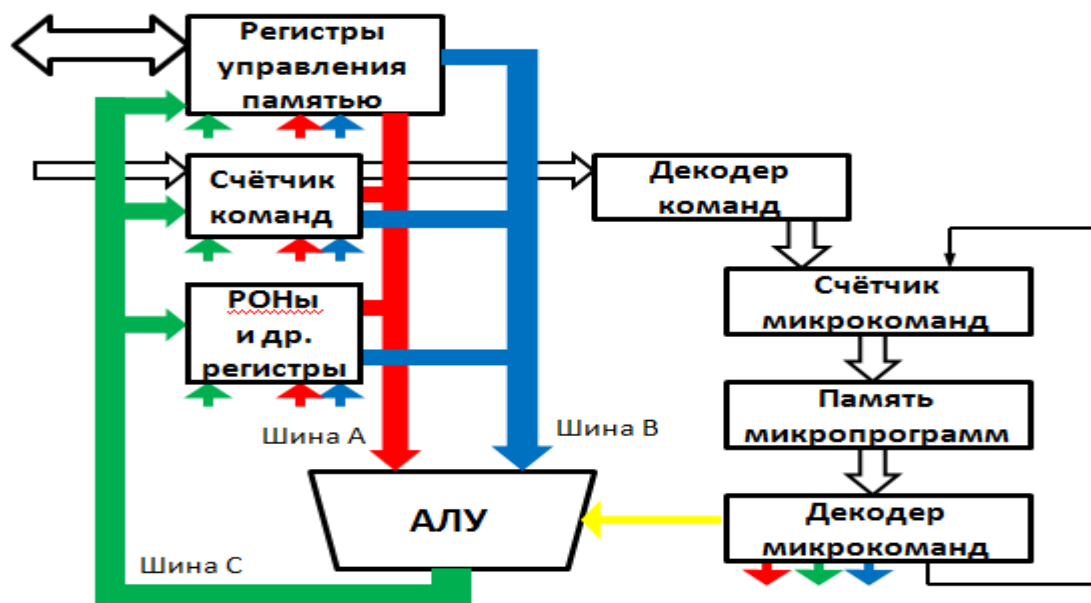
Собственный «дизайн» и собственное производство в наше время достаточно накладно — для окупания затрат нужно иметь огромный рынок. В результате естественного отбора остается все меньше и меньше компаний, поддерживающих цикл проектирования и производства. Многим пришлось перейти в **режим fabless** — ни у Apple, ни у NVIDIA, ни даже у AMD нет собственных фабрик и им приходится пользоваться услугами других компаний. Помимо Intel, к технологии 22nm во всем мире потенциально были готовы только две компании — Samsung и TSMC, вложившие в прошлом году в свои фабрики более \$1млрд. Причем у TSMC нет своего подразделения дизайна - это просто высокотехнологичная кузница, которая принимает заказы от других компаний и часто даже не знает того, что куёт.

Отсюда можно сделать два вывода. Первый – что без своей фабрики лидером индустрии стать не получится; второй – преуспевать можно и без своего завода. Хватит хорошего компьютера, мозгов и умения «рисовать».



***TSMC** (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) — тайваньская компания, занимающаяся изучением и производством полупроводниковых изделий. Основана в 1987 году правительством Китайской республики (не КНР) и частными инвесторами.*

3-х шинная микроархитектура



11

АЛУ осуществляет выполнение одной из допустимых операций, определяемой кодом операции (**СОР**), над содержимым **аккумулятора (Асс)** и **регистра данных (операнда) - DR**. Результат операции всегда помещается в **Асс**. Любое АЛУ имеет в своем составе несколько регистров, сумматор и блок местного управления (БМУ), вырабатывающий необходимые последовательности управляющих сигналов. Для реализации любого вычислительного алгоритма набор выполняемых АЛУ операций должен обладать **функциональной полнотой**. Минимальный набор операций в ЭВМ, обладающий свойством полноты, включает всего 4 операции: пересылку информации из любой ячейки памяти в любую другую ячейку, сложение слова с +1 или -1, условный переход по совпадению слов и безусловный останов. Однако, с целью повышения быстродействия и упрощения программирования, набор операций АЛУ обычно колеблется от 16 до нескольких сотен.

Устройство управления (УУ) осуществляет:

- выборку команд из памяти в последовательности, определяемой порядком выполнения команд или командами передачи управления;
- выборку из памяти операндов (данных), задаваемых адресами команды;
- инициирование выполнения микроопераций, предписанных командой;
- останов или переход к выполнению следующей команды.

** Если машинное слово попадает на регистр команд, то оно интерпретируется УУ как команда, а если слово попадает в АЛУ, то оно, по определению, считается числом.*

*- ** Любое действие делится на совокупность элементарных действий (микроопераций).*

*- *** Микропрограммы хранятся в специальном управляющем запоминающем устройстве.*

В состав **УУ** входят следующие регистры: - **CR** (command reg.) — регистр команды, содержащий код команды; - **PC** (program counter) — регистр (счетчик) адреса текущей команды; - **SP** (stack pointer) — указатель стека, содержащий адрес верхушки стека; - **RA** -регистр (счетчик) адреса, при выполнении текущей команды в него записывается адрес *следующей* команды; - **RB** - регистр базового адреса; - **I**(Interrupt, InterruptEnable)) - флаг разрешения прерываний

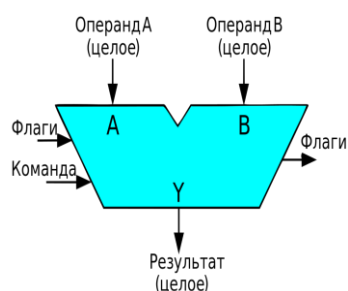


Рис. 3 – Структурная схема упрощенного АЛУ.

Как в итоге все это работает - изучается в ряде курсов, в том числе ОЭ.